

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.02 ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Козин В. З., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

Сертификат: 00899356C4B8E7194321D0149160B2398C
Владелец: Зубов Владимир Владимирович
Действителен: с 26.06.2024 до 19.09.2025

Екатеринбург

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель

(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

В. З. Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

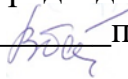
*Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»*

Второе издание, исправленное, дополненное

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«11» марта 2019 г.

Председатель комиссии
—  проф. В. П. Барановский

В. З. Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

К 59

Р е ц е н з е н т : Ю. П. Морозов, д-р техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых, УГГУ.

Руководство рассмотрено на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых «28» февраля 2019 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Козин В. З.

К 59 ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ: руководство по выполнению лабораторных работ. 2-е изд., исправл., доп. / В. З. Козин; Урал. гос. горный у-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. 13 с.

Выполнение лабораторных работ направлено на освоение теоретических положений опробования. Содержит постановку задачи и объяснение получаемых результатов. Составлено в соответствии с учебной программой дисциплины.

Руководство составлено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 24.05.04 – «Горное дело».

© Козин В. З., 2015, 2019

© Уральский государственный
горный университет, 2015, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 АНАЛИЗ ПРОБ	4
Лабораторная работа № 2 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ КОМПОНЕНТА В ТОЧЕЧНЫХ ПРОБАХ	6
Лабораторная работа № 3 ПОКУСКОВАЯ ДИСПЕРСИЯ.....	9
Лабораторная работа № 4 КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ	11

Лабораторная работа № 1

АНАЛИЗ ПРОБ

Цель работы: оценка погрешностей, связанных с анализом проб.

Пояснения к работе

Анализ проб выполняется на навесках небольшой величины. При этом степень сокращения пробы составляет 50-100.

Погрешность анализа $S_{\text{ан}}^2$ в итоге состоит из погрешности операции сокращения $S_{\text{с}}^2$ материала в пакете, погрешности отбора навески $S_{\text{нав}}^2$ и погрешности метода анализа $S_{\text{м}}^2$:

$$S_{\text{ан}}^2 = S_{\text{с}}^2 + S_{\text{нав}}^2 + \frac{1}{n_{\text{пов}}} S_{\text{м}}^2.$$

Здесь $n_{\text{пов}}$ – число повторных анализов на одной и той же навеске при неразрушающем методе анализа (рентгенофлуоресцентный анализ).

Погрешность анализа находят как погрешность воспроизводимости параллельных анализов. Если выполнить отбор и анализ навесок N студентами, то

$$S_{\text{ан}}^2 = \frac{\sum (\bar{\alpha}_i - \bar{\alpha})^2}{N - 1},$$

где $\bar{\alpha}_i$ – средняя массовая доля, полученная при анализе навесок i -м студентом,

$$\bar{\alpha}_i = (\alpha_{i1} + \alpha_{i2})/2;$$

$\bar{\alpha}$ – средняя массовая доля в навесках, полученных N студентами.

Погрешность отбора навески $S_{\text{нав}}^2$ может быть рассчитана по формуле

$$S_{\text{нав}}^2 = 2 f S_{\text{к нав}}^2 \cdot \rho \bar{d}_{\text{нав}}^3 \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}} \right).$$

Здесь f – коэффициент формы, $f = 0,5$;

$S_{\text{к нав}}^2$ – покусковая дисперсия;

ρ – плотность материала навески;

$\bar{d}_{\text{нав}}$ – средняя крупность материала навески;

$q_{\text{нав}}$ – масса навески;

$q_{\text{пак}}$ – масса материала в пакете.

Погрешность метода анализа находят как погрешность анализа одной и той же навески. Если каждый из студентов подгруппы выполнит два анализа на одной и той же навеске, то

$$S_{\text{м}} = \frac{|\Delta \alpha_i|}{1,13},$$

где $\Delta\alpha_i = \alpha_{i1} - \alpha_{i2}$ – разность (размах) двух результатов i -го студента;

$$\overline{|\Delta\alpha_i|} = \frac{\sum |\Delta\alpha_i|}{N}.$$

Здесь $\overline{|\Delta\alpha_i|}$ – среднее значение абсолютной величины размаха.

Погрешность сокращения пробы

$$S_c^2 = S_{ан}^2 - S_{нав}^2 - \frac{1}{2} S_m^2.$$

Если S_c^2 будет отрицательной величиной, то принимаем $S_c^2 = 0$.

Определяют относительные погрешности $P_{ан}$, P_c , $P_{нав}$, P_m по общей формуле

$$P = \frac{tS}{\bar{\alpha}} \cdot 100, \%,$$

где t – коэффициент Стьюдента; $t \cong 2$.

S – соответствующее среднеквадратичное отклонение.

Выполнение работы

Подгруппа студентов получает пакет материала (медная руда) массой 200 г, крупностью 0,1 мм, сокращает его с помощью желобчатого сократителя на четыре части, взвешивает их. Каждый из студентов от материала своей части наполняет кювету рентгенофлюоресцентного анализатора и выполняет анализ массовой доли меди, получая значение α_{i1} , затем высыпает навеску из кюветы на бумагу и наполняет этим же материалом навески кювету вновь, анализирует ее, получая значение α_{i2} . Каждый из студентов подгруппы находит $\bar{\alpha}_i$ и $|\Delta\alpha_i|$, после чего все результаты подгруппы используют для расчета S_m^2 ; $S_{нав}^2$; $S_{ан}^2$ и S_c^2 .

Определяют относительные погрешности $P_{ан}$, P_m , $P_{нав}$, P_c .

На основании работы студент делает вывод:

Относительная доля каждой погрешности при выполнении анализа проб.

Лабораторная работа № 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ КОМПОНЕНТА В ТОЧЕЧНЫХ ПРОБАХ

Цель работы: получение распределений массовой доли в пробах и сравнение его с теоретическим.

Пояснения к работе

Если в опробуемом массиве средняя массовая доля $\bar{\alpha}$, то в каждой отобранной от него пробе или навеске массовая доля будет другой, отличной от $\bar{\alpha}$. Если от опробуемого массива отобрать N проб (навесок) и каждую проанализировать, получив для каждой навески массовую долю α_i , то увидим, что среднюю массовую долю $\bar{\alpha}$ характеризует распределение $\omega(\alpha)$ массовой доли в навесках (рис. 1, а).

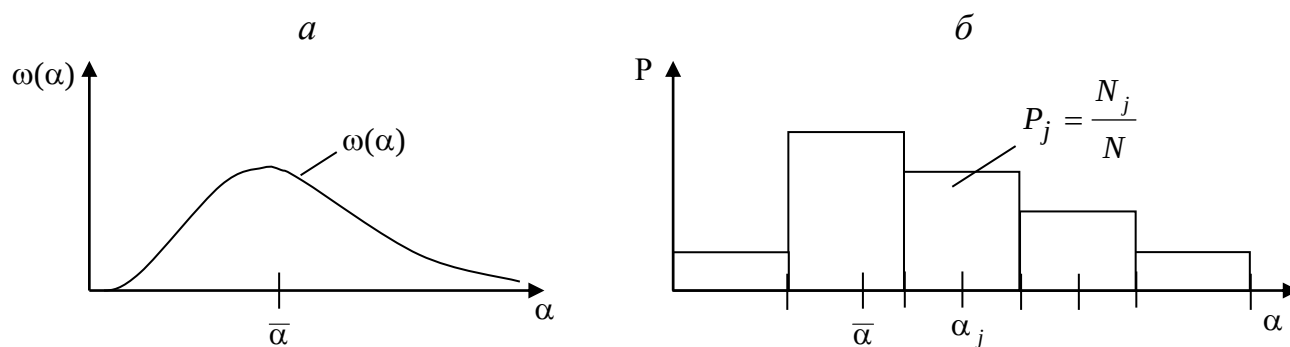


Рис. 1. Распределение массовой доли в пробах (навесках):
а – теоретическая плотность распределения вероятности;
б – экспериментальная гистограмма

Экспериментально получают гистограмму (рис. 1, б), где P_j – доля числа результатов N_j от общего числа данных $N = \sum_i N_j$, попадающих в интервал $\alpha_j \pm \Delta\alpha_j$.

Лабораторную работу выполняем на модельном опробуемом массиве, состоящем из одинаковых зерен (кусков) материала, в котором можно визуально выделять зерна полезного компонента.

Распределение зерен полезного компонента в навесках описывается формулой биномиального распределения.

Для малых величин $\bar{m}$ это распределение описывается более простой формулой

$$P_m = \frac{\bar{m}^m}{m!} e^{-\bar{m}},$$

в которую входят лишь две величины:

$\bar{m}$ – среднее число зерен в навесках;

m – фактическое число зерен в навеске.

Распределение P_m для $\bar{m} = 3,5$ приведено на рис. 2.

Массовая доля α связана с числом зерен m так:

$$\alpha = m \cdot \frac{\bar{\alpha}}{\bar{m}},$$

т. е. ось m можно будет заменить осью массовой доли α , так как они пропорциональны друг другу.

Среднюю массовую долю зерен определяемого компонента находим по формуле, д. е.:

$$\bar{\alpha} = \frac{\bar{m} \cdot f \cdot \rho \cdot d^3}{q}.$$

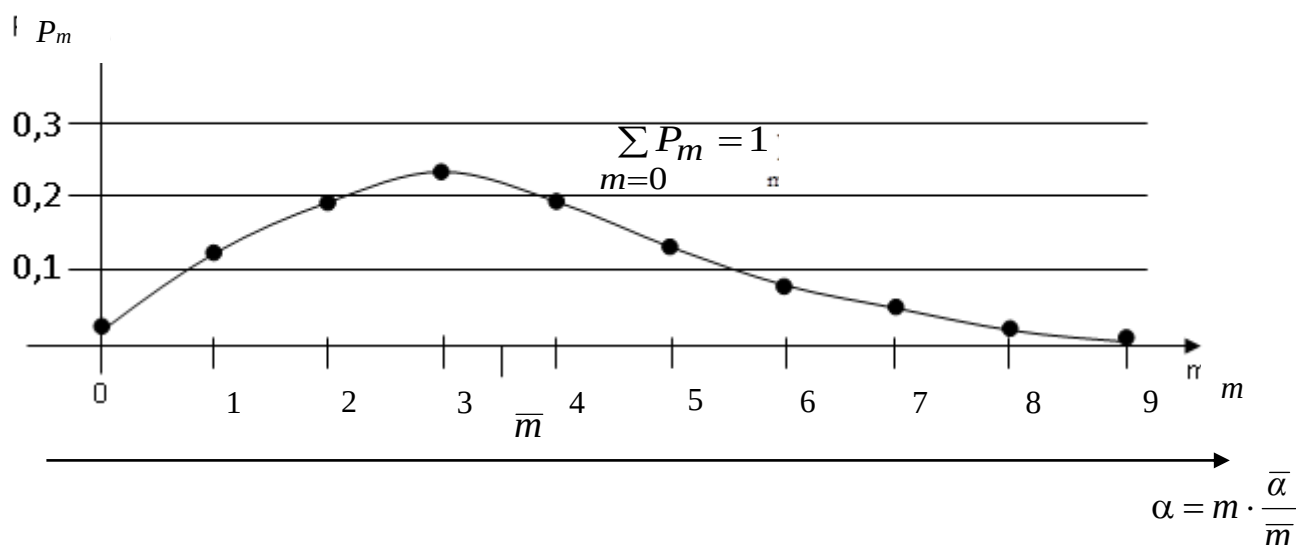


Рис. 2. Распределение P_m как функция числа зерен определяемого компонента в пробе m , для $\bar{m} = 3,5$

Выполнение работы

Для выполнения лабораторной работы используется смесь дробленого кварца с маркёрами (стеклянные цветные бусинки), играющими роль зерен полезного минерала. Маркёры хорошо выделяются среди зерен кварца, и их можно сосчитать.

Студент получает начальную пробу массой 1-3 кг (опробуемый массив), которую делит на $N = 32$ части с помощью желобчатого сократителя. Деление выполняется максимально тщательно. В каждой части определяется число маркёров m . После определения m в строке N_m табл. 1 ставится в соответствующей клетке крестик. После определения m во всех частях заполняется строка N_m подсчетом крестиков. Определяется среднее в пробах число маркёров

$$\bar{m} = \sum m_i / N.$$

Рассчитывается экспериментальное $P_{\text{э}} = \frac{N_m}{N}$ и теоретическое $P_{\text{т}}$ распределения. Расчеты сведены в табл. 1, в которой имеется также и строка $N_{m \text{ теор.}}$.

Таблица 1

Экспериментальное и теоретическое распределения

Показатели	<i>m</i>						
	0	1	2	3	4		<i>m</i> _{max}
Число точечных проб, в которых найдено <i>m</i> маркёров N_m	xx 2	xxx 3	xx 4	xx xx 6	xx 2		0
Экспериментальное распределение $P_{m\text{э}} = \frac{N_m}{N}$							
Теоретическое распределение $P_m = \frac{\bar{m}^m}{m!} e^{-\bar{m}}$							
Теоретическое число точечных проб, содержащих <i>m</i> маркёров $N_{m \text{ теор.}} = P_m \cdot N$							

В одних осях, так, как на рис. 2, строят экспериментальное и теоретическое распределения, при этом по оси абсцисс откладывают как *m*, так и α . Работу повторяют, сокращая пробу квадратованием.

На основании работы студент делает выводы:

1. Вид асимметрии распределения массовой доли в пробах.
2. Соответствие экспериментального распределения теоретическому.
3. Сравнение качества сокращения желобчатым сократителем и квадратованием.

Лабораторная работа № 3

ПОКУСКОВАЯ ДИСПЕРСИЯ

Цель работы: экспериментальное получение зависимости покусковой дисперсии от крупности и характеристики срастков.

Пояснения к работе

Покусковая дисперсия S_k^2 является фундаментальной характеристикой опробуемого массива. Это дисперсия массовой доли в кусках одного размера, которая для раскрытых кусков ($d < d_3$) определяется по теоретической формуле

$$S_k^2 = \frac{\rho_M}{\rho_{\Pi}} \alpha (\beta_M - \alpha) \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_M} + \frac{\alpha \rho_{\Pi}}{\beta_M \rho_M} \right)^2 = S_k^2(0).$$

а для срастков ($d > d_3$)

$$S_{kcc}^2 = S_k^2 \cdot \left(\frac{d_3}{d} \right)^{3-b}.$$

Здесь ρ_M, ρ_{Π} – плотности минерала и породы;

α, β_M – средняя массовая доля компонента в руде и в минерале;

d_3, d – размер зерна и куска.

Общий вид зависимости $S_k^2(d)$ представлен на рис. 1, а.

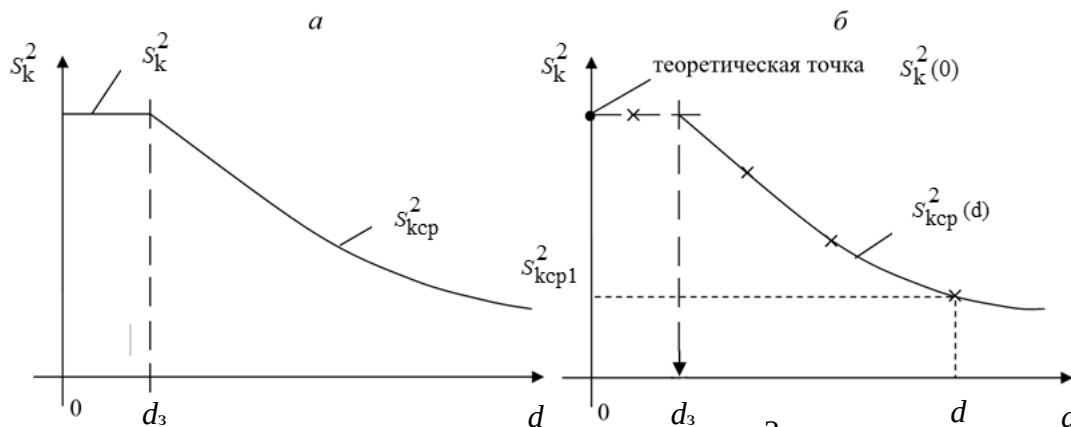


Рис. 1. Общий вид зависимости $S_k^2(d)$

Экспериментально покусковая дисперсия для кусков какой-либо крупности определяется по формуле

$$S_k^2 = \frac{\sum (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{N_3 - 1}.$$

По полученным данным на рис. 1, б наносятся точки и приводится экспериментальная зависимость, состоящая из двух отрезков: горизонтального из теоретической точки $S_k^2(0)$ и ниспадающего. Через точку их пересечения проводится вертикальная линия, отсекающая на оси абсцисс отрезок d_3 .

Подбор характеристик вкрапленности b производится по сглаженной характеристике $S_{\text{кр}}^2(d)$.

Выполнение работы

Студенты получают дробленый материал (асбестовую руду), рассеянный на классы $-6+3$; $-3+1,4$; $-1,4+0,5$ мм. В каждом классе отбирают примерно по 200 зерен и оценивают визуально в каждом зерне массовую долю асбеста α_i , заполняя крестиками клетки таблицы.

Класс	Массовая доля в куске, %				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-90
-6+3	xx x 3	xx xx xx 6	xx 2		
-3+1,4		xx 2	xxx xxx xx 8	x 1	
-1,4+0,5	xx xx 4				xxx xx 5

Для каждого класса находим средние значения массовой доли:

$$\bar{\alpha}_i = \frac{\sum h_i \alpha_i}{\sum h_i},$$

где h_i – число данных в i -й клетке;

α_i – среднее значение α в i -й клетке,

и покусковую дисперсию для сrostков:

$$S_{\text{кр}}^2 = \frac{\sum h_i (\alpha_i - \bar{\alpha}_i)^2}{\sum h_i}.$$

Находим $S_k^2(0)$ по формуле, считая $\beta_M = 100\%$, $\rho_M = \rho_{\Pi}$, $\bar{\alpha}$ принять для класса $-1,4 + 0,5$ мм.

Строим зависимость S_k^2 от d согласно рис. 1. б, проводя через экспериментальные точки сглаживающую кривую.

Находим b , определив для d_1 значение $S_{\text{кр}1}$:

$$b = 3 - \frac{\lg S_k^2(0) - \lg S_{\text{кр}}^2}{\lg d_1 - \lg d_3}.$$

На основании работы студент делает выводы:

1. Чему равно d_3 и b для представленной руды.

2. Запишите формулу минимальной массы пробы в виде $q = k d^b$.

Допустимую погрешность принять $P_{\text{доп}} = 3\%$.

Лабораторная работа № 4

КОЭФФИЦИЕНТ ФОРМЫ

Цель работы: экспериментальное получение коэффициента формы зерен f .

Пояснения к работе

Куски руды имеют неправильную форму. Для того чтобы определить их массу, следует принять, что они условно соответствуют какой-либо известной геометрической фигуре. Так как определение размеров кусков выполняется с помощью сит с квадратными ячейками, примем, что куски имеют кубическую форму. Тогда теоретическая масса куска $m_{\text{кт}}$:

$$m_{\text{кт}} = \rho \cdot d^3.$$

Здесь ρ – плотность куска, кг/м³;

d – размер ячейки сита, соответствующей куску, м.

Для согласования этой массы с массой куска неправильной формы введем согласующий коэффициент f . Тогда реальная масса куска

$$m_{\text{к}} = f \cdot \rho \cdot d^3.$$

Коэффициент формы f – статистический коэффициент, и его применение справедливо для определения суммарной массы многих кусков, например, при расчете массы пробы. Соответственно, и определение коэффициента формы f следует выполнять для большого числа кусков.

Получить большое число кусков, соответствующих размеру отверстия какого-либо одного сита, трудно. Легче получить нужное число кусков, соответствующих классу крупности, ограниченному ситами с размерами ячейки $-d_1+d_2$.

Класс $-d_1+d_2$ желательно принять максимально узким, но этому желанию есть предел, связанный с наличием трудных зерен.

Выделенные зерна класса $-d_1+d_2$ пересчитываются и взвешиваются. Если выделено n_3 зерен, то можно найти коэффициент f из уравнения

$$q = n_3 \cdot m_{\text{к}} = n_3 \cdot f \cdot \rho (\bar{d})^3$$

$$f = \frac{q}{n_3 \cdot \rho (\bar{d})^3}.$$

Здесь q – масса выделенных зерен;

$\bar{d}$ – средний размер класса;

$$\bar{d} = \sqrt[3]{\frac{d_1^3 + d_2^3}{2}}.$$

Выполнение работы

Подгруппа студентов получает пакет материала – кварцевая крупка – массой 200 г, крупностью – 3 мм, рассеивает материал на классы $-3+1,5$; $-1,5+1$ и $-1+0,5$ мм и сокращает каждый класс с помощью желобчатого сократителя на четыре порции.

Каждый из студентов пересчитывает число зерен в каждой порции и взвешивает ее, после чего вычисляет коэффициент f . Если число зерен в порции больше 500, ее дополнительно следует сократить.

Плотность кварца принять 2650 кг/м^3 .

Результаты работы подгруппа сводит в таблицу.

Расчет коэффициента f

Студент	Классы, мм								
	$-3+1,5$			$-1,5+1$			$-1+0,5$		
	n_3	q	f	n_3	q	f	n_3	q	f
Среднее	—	—		—	—		—	—	

По данным таблицы каждый студент в отчете строит поле корреляции f от $\bar{d}$ и определяет линию регрессии и остаточную дисперсию, после чего делает вывод о связи коэффициента f с крупностью и погрешности полученных значений f .

Учебное издание

Владимир Зиновьевич Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 25.03.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 50 экз. Заказ № 11

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники.



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Уральский государственный горный университет"
(ФГБОУ ВО "УГГУ")

В. З. Козин

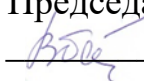
ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Методические указания, примеры решения и задачи
по дисциплине «Опробование минерального сырья»
для студентов всех форм обучения специализации
"Обогащение полезных ископаемых"
направления 21.05.04 – "Горное дело"

Второе издание, исправленное, дополненное

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Уральский государственный горный университет"
(ФГБОУ ВО "УГГУ")

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
"11" марта 2019 г.
Председатель комиссии
 проф. В. П. Барановский

В. З. Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

**Методические указания, примеры решения и задачи
по дисциплине «Опробование минерального сырья»
для студентов всех форм обучения специализации
"Обогащение полезных ископаемых"
направления 21.05.04 – "Горное дело"**

Второе издание, исправленное, дополненное

Р е ц е н з е н т : *Цыпин Е. Ф.*, доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «28» февраля 2019 г. (протокол №5) и рекомендованы для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета

В. З. Козин

К 59 Опробование минерального сырья: методические указания, примеры решения и задачи по дисциплине "Опробование минерального сырья" для студентов всех форм обучения специализации "Обогащение полезных ископаемых" направления 21.05.04 – "Горное дело" 2-е издание, исправленное, дополненное/ В. З. Козин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 45 с.

Даны методические указания по решению основных задач, связанных с опробованием.

Таких задач три: расчет погрешностей опробования продуктов обогащения; расчет технологического баланса и расчет товарного баланса.

Расчет погрешностей опробования связан с расчетом погрешностей количества ценного компонента, сухой массы, покусковой дисперсии, распределения массовой доли в навесках.

Расчет технологического баланса включает как расчет выходов и извлечений, так и расчет погрешностей этих показателей.

Расчет товарного баланса включает расчет невязки и ее составляющих.

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала, так как в методических указаниях даны формулы без подробных объяснений.

Задачи позволяют закрепить теоретический курс и уверенно использовать его в дальнейшей практической деятельности.

© Козин В. З., 2013, 2019

© Уральский государственный горный университет, 2013, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Расчет массы ценного компонента и случайной погрешности определения этой массы	5
2. Расчет массы и плотности при косвенном взвешивании	8
3. Расчет точечных показателей, распределений и покусковой дисперсии	12
4. Расчет минимальной массы для раскрытых тщательно перемешанных продуктов	18
5. Расчет минимальной массы для тщательно перемешанных продуктов, содержащих сродки	20
6. Расчет относительной случайной погрешности подготовки пробы	23
7. Расчет относительной случайной погрешности отбора навески для анализа	26
8. Расчет относительной случайной погрешности результата опробования	28
9. Расчет показателей технологического баланса	34
10. Расчет невязки товарного баланса и товарного извлечения	38
11. Расчет вероятной систематической и методической погрешности невязки	43
ЛИТЕРАТУРА	45

ВВЕДЕНИЕ

Опробование всегда связано с расчетами. При этом в формулы необходимо подставлять величины, выраженные в различных размерностях. Но если все величины подставлять в формулы в Международной системе единиц (СИ), то и ответ будет в единицах СИ.

В обогащении используются величины в разных размерностях, и при расчете их следует либо переводить в СИ, либо согласовывать так, чтобы они могли быть сокращены.

Широко используемые значения влажности и массовой доли в большинстве формул следует подставлять в долях единицы (д. е.), но их обычно выражают в процентах, а массовую долю также г/т или кар/т. Для их взаимного перевода можно пользоваться соотношениями:

$$1 \text{ д. е.} = 100 \% = 10^6 \text{ г/т} = 5 \cdot 10^6 \text{ кар/т};$$

$$1 \% = 0,01 \text{ д. е.} = 10^4 \text{ г/т} = 5 \cdot 10^4 \text{ кар/т};$$

$$1 \text{ г/т} = 10^{-6} \text{ д. е.} = 10^{-4} \% = 5 \text{ кар/т}.$$

Но удобно использовать и г/т, так как при измерении массы в тоннах ответ будет получен в граммах $\left(\text{т} \cdot \frac{\text{г}}{\text{т}} = \text{г} \right)$.

Так как плотность в СИ измеряется в кг/м³, для вычисления массы в килограммах размеры объектов (в т. ч. кусков) следует подставлять в метрах $\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3 = \text{кг} \right)$, помня, что 1 мм = 10⁻³ м.

Все расчеты могут быть выполнены с использованием Excel. Формулы в методических указаниях приведены без выводов. Выводы даются в лекционном курсе, а также в учебнике [1] и монографии [2].

1. Расчет массы ценного компонента и случайной погрешности определения этой массы

Методические указания.

Массу любого компонента в продуктах обогащения находят только расчетом:

$$K = M_{\text{сух}} \cdot \alpha = M(1 - W) \cdot \alpha.$$

Здесь K – масса компонента;

$M_{\text{сух}}$ – сухая масса продукта;

M – влажная масса продукта;

α – массовая доля компонента в руде, хвостах или концентрате;

W – влажность продукта.

Особое внимание следует уделять размерностям M , α , W чтобы правильно записать размерность ответа.

В формуле для K массу можно записывать в любой размерности: килограммы, тонны, граммы.

В скобке $(1 - W)$ влажность следует подставлять в долях единицы.

Массовую долю α следует подставлять в долях единицы. Можно подставлять в г/т, но тогда масса M должна быть представлена в тоннах, а ответ будет в граммах.

Относительную случайную погрешность массы компонента P_K рассчитывают по формуле:

$$P_K^2 = P_M^2 + \left(\frac{W}{1 - W} \right)^2 \cdot P_W^2 + P_\alpha^2.$$

Здесь P_M , P_W и P_α – относительные погрешности измерения величин M , W и α .

Их размерность – проценты. Тогда и P_K будет выражено в процентах.

Влажность следует подставлять в долях единицы. Погрешности могут быть представлены не только в относительном виде. Могут быть такие варианты:

а) S_M , S_W , S_α – среднеквадратичные погрешности.

Связь между относительными и среднеквадратичными погрешностями:

$$P_M = \frac{t \cdot S_M}{M} \cdot 100, \%;$$

$$P_W = \frac{t \cdot S_W}{W} \cdot 100, \%;$$

$$P_\alpha = \frac{t \cdot S_\alpha}{\alpha} \cdot 100, \%.$$

Здесь t – коэффициент Стьюдента. Принимаем равным 2 (точное значение 1,96).

б) Расхождения между двумя параллельными измерениями. Обычно приводятся для влажности – ΔW_2 .

Связь S_W с ΔW_2 :

$$S_W = \frac{\Delta W_2}{1,13}.$$

Пределы случайной погрешности рассчитанной массы компонента определяются по формуле:

$$\Delta K = \pm t \cdot S_K = \pm \frac{P_K \cdot K}{100}.$$

Размерность ΔK совпадает с размерностью K .

Итоговая запись

$$K_{\text{ист}} = K_{\text{расч}} \pm \Delta K$$

означает, что истинное значение массы ценного компонента $K_{\text{ист}}$ будет отличаться от расчетного $K_{\text{расч}}$ на величину случайной погрешности, находящейся в пределах $\pm \Delta K$.

Пример 1.1. Отвал представлен массивом $M_\alpha = 300000$ т с влажностью $W_\alpha = 8$ % и массовой долей меди $\alpha = 0,5$ %. Относительные погрешности измерения $P_{M_\alpha} = 10$ %; $P_{W_\alpha} = 15$ % и $P_\alpha = 7$ %.

Определить K и доверительные интервалы этой величины.

Решение:

Масса компонента:

$$K = M_\alpha (1 - W_\alpha) \cdot \alpha = 300000 \text{ т} \cdot (1 - 0,08) \cdot 0,005 = 1380 \text{ т}.$$

Относительная случайная погрешность:

$$\begin{aligned} P_K^2 &= P_{M_\alpha}^2 + \left(\frac{W_\alpha}{1 - W_\alpha} \right)^2 \cdot P_{W_\alpha}^2 + P_\alpha^2 = \\ &= 10^2 + \left(\frac{0,08}{1 - 0,08} \right)^2 \cdot 15^2 + 7^2 = 100 + 1,7 + 49 = 150,7 \text{ } (\%)^2; \end{aligned}$$

$$P_K = 12,28 \text{ } \%;$$

$$P_K = \frac{\Delta K}{K} \cdot 100 \text{ } \%.$$

Доверительный интервал абсолютной погрешности:

$$\Delta K = \frac{P_K \cdot K}{100} = \frac{12,28 \text{ } \% \cdot 1380 \text{ т}}{100 \text{ } \%} = 169,41 \text{ т}.$$

Истинное значение массы компонента:

$$K_{\text{ист}} = K \pm \Delta K = (1380 \pm 169,41) \text{ т}.$$

Пример 1.2. Найти K , P_K , ΔK и $K_{\text{ист}}$, если измерено $M = 60$ т; $W = 0,1$ д. е; $\alpha = 16$ %. Относительные погрешности $P_M = 1$ %; $\Delta W_2 = 0,7$ % (допустимое расхождение двух определений) и $S_\alpha = 0,5$ %.

Решение:

$$K = M (1 - W) \cdot \alpha = 60 \text{ т} \cdot (1 - 0,1) \cdot 0,16 = 8,64 \text{ т};$$

$$S_W = \frac{\Delta W_2}{1,13} = \frac{0,7 \%}{1,13} = 0,62 \%;$$

$$P_W = \frac{t \cdot S_W}{W} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,62 \%}{10 \%} \cdot 100 \% = 12,4 \%;$$

$$P_\alpha = \frac{t \cdot S_\alpha}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,5 \%}{16 \%} \cdot 100 \% = 6,25 \%;$$

$$P_K^2 = P_M^2 + \left(\frac{W}{1-W} \right)^2 \cdot P_W^2 + P_\alpha^2 =$$

$$= 1^2 + \left(\frac{0,1}{1-0,1} \right)^2 \cdot 12,4^2 + 6,25^2 = 41,96 (\%)^2;$$

$$P_K = 6,48 \%;$$

$$\Delta K = \frac{P_K \cdot K}{100} = \frac{6,48 \cdot 8,64}{100} = 0,56 \text{ т};$$

$$K_{\text{ист}} = K \pm \Delta K = (8,64 \pm 0,56) \text{ т}.$$

Задание № 1

Найти массу ценного компонента K и случайную погрешность этой массы ΔK для представленных в таблице условий:

Опробуемая масса	Измеренные величины			Погрешности опробования		
	влажная масса M	влажность W , %	массовая доля α	массы	влажностности, %	массовой доли, %
1. Железный концентрат	1500 т	8	68 %	$P_M = 0,5 \%$	$P_W = 5$	$P_\alpha = 2$
2. Медная руда	600 т	4	0,7 %	$S_M = 3 \text{ т}$	$S_W = 0,05$	$S_\alpha = 0,02$
3. Хвосты золотообогатительной фабрики	2 млн. т	17	0,2 г/т	$S_M = 60000 \text{ т}$	$\Delta W_2 = 0,6$	$P_\alpha = 30$
4. Щебень асбофабрики	300 т	2	0,3 %	$P_M = 1 \%$	$\Delta W_2 = 0,2$	$S_\alpha = 0,02$

Ответ записать в числах в форме:

$$K_{\text{ист}} = K_{\text{изм}} \pm \Delta K.$$

2. Расчет массы и плотности при косвенном взвешивании

Методические указания

При косвенном взвешивании влажная масса сыпучего продукта определяется по формуле:

$$M = V \cdot \rho_{\text{нас.}}$$

Здесь V – объем продукта;

$\rho_{\text{нас}}$ – насыпная плотность.

Относительная случайная погрешность расчета массы:

$$P_M^2 = P_V^2 + P_{\rho_{\text{нас}}}^2.$$

Если объем определяют по формуле какой-либо геометрической фигуры и известны погрешности измерения размеров, то следует записать формулу для P_V .

Для параллелепипеда:

$$V = l \cdot b \cdot h,$$

тогда

$$P_V^2 = P_l^2 + P_b^2 + P_h^2.$$

Для других формул V необходимо вывести формулу для P_V .

Масса сухого продукта в пульпе определяется по формуле:

$$M_{\text{сух}} = V(\delta - 1000) \cdot \frac{\rho_{\text{ТВ}}}{\rho_{\text{ТВ}} - 1000}.$$

Здесь V – объем продукта;

δ – плотность пульпы;

$\rho_{\text{ТВ}}$ – плотность твердого.

В формуле плотность воды записана в единицах СИ – 1000 кг/м³. Соответственно такие же размерности должны иметь δ и $\rho_{\text{ТВ}}$. Размерность V в этом случае может быть только м³. Если сухая масса находится для какого-либо потока пульпы, то размерность V может быть м³/с или м³/ч, тогда $M_{\text{сух}}$ будет иметь размерность кг/с или кг/ч.

Относительная погрешность $M_{\text{сух}}$ для пульп определяется по формуле:

$$P_{M_{\text{сух}}}^2 = P_V^2 + \left(\frac{\delta}{\delta - 1000} \right)^2 \cdot P_{\delta}^2 + \left(\frac{1000}{\rho_{\text{ТВ}} - 1000} \right)^2 \cdot P_{\rho_{\text{ТВ}}}^2.$$

Плотность твердого в пульпах меняется с изменением состава продуктов. Если условно принять, что пульпа состоит из частиц пустой породы, имеющих плотность $\rho_{\text{п}}$, и частиц ценного минерала, имеющих плотность $\rho_{\text{м}}$, то плотность твердого $\rho_{\text{ТВ}}$ в пульпе можно рассчитать, зная массовую долю компонента в продукте α и в минерале $\beta_{\text{м}}$ по формуле:

$$\rho_{\text{ТВ}} = \frac{\rho_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{м}} \cdot \beta_{\text{м}}}{\alpha \cdot \rho_{\text{п}} + (\beta_{\text{м}} - \alpha) \cdot \rho_{\text{м}}}.$$

Здесь $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{м}}$ – плотность породы и минерала;

α и $\beta_{\text{м}}$ – массовая доля компонента в руде и в минерале.

Пример 2.1. Найти массу M и случайную погрешность определения массы склада руды.

Дано: объем $V = 800 \text{ м}^3$;

насыпная плотность $\rho_{\text{нас}} = 1400 \text{ кг/м}^3$;

погрешности $P_V = 3 \%$, $P_{\rho_{\text{нас}}} = 5 \%$.

Ответ записать в виде $M_{\text{ист}} = M \pm \Delta M$.

Решение:

$$M = V \cdot \rho_{\text{нас}} = 800 \text{ м}^3 \cdot 1400 \text{ кг/м}^3 = 1120000 \text{ кг};$$

$$M = 1120 \text{ т};$$

$$P_M^2 = P_V^2 + P_{\rho_{\text{нас}}}^2 = 3^2 \%^2 + 5^2 \%^2 = 34 \%^2;$$

$$P_M = 5,83 \%;$$

$$P_M = \frac{\Delta M}{M} \cdot 100 \%;$$

$$P_M = \frac{t \cdot S_M}{M} \cdot 100 \%;$$

$$\Delta M = \frac{P_M \cdot M}{100} = \frac{5,83 \% \cdot 1120 \text{ т}}{100 \%} = 65,3 \text{ т}.$$

Ответ: $M_{\text{ист}} = (1120 \pm 65,3) \text{ т}$.

Пример 2.2. Найти массу M и случайную погрешность массы концентрата в вагоне с размерами $l = 20 \text{ м}$; $b = 2 \text{ м}$; $h = 3 \text{ м}$.

Насыпная плотность 2000 кг/м^3 .

Погрешность определения линейных размеров $\pm 5 \text{ см}$.

Погрешность определения насыпной плотности $S_{\rho_{\text{нас}}} = 80 \text{ кг/м}^3$.

Ответ записать в виде $M \pm \Delta M$.

Решение:

$$V = l \cdot b \cdot h = 20 \text{ м} \cdot 2 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} = 120 \text{ м}^3;$$

$$M = V \cdot \rho_{\text{нас}} = 120 \text{ м}^3 \cdot 2000 \text{ кг/м}^3 = 240000 \text{ кг} = 240 \text{ т};$$

$$P_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100 \% = \frac{5 \text{ см}}{2000 \text{ см}} \cdot 100 \% = 0,25 \%;$$

$$P_b = \frac{\Delta b}{b} \cdot 100 \% = \frac{5 \text{ см}}{200 \text{ см}} \cdot 100 \% = 2,5 \%;$$

$$P_h = \frac{\Delta h}{h} \cdot 100 \% = \frac{5 \text{ см}}{300 \text{ см}} \cdot 100 \% = 1,7 \%;$$

$$P_V^2 = P_l^2 + P_b^2 + P_h^2 = 0,25^2 + 2,5^2 + 1,7^2 = 0,0625 + 6,25 + 2,89 = 9,2 \%^2;$$

$$P_{\rho_{\text{нас}}} = \frac{2 \cdot 80}{2000} \cdot 100 = 8 \%;$$

$$P_M^2 = P_V^2 + P_{\rho_{\text{нас}}}^2 = 9,2 + 8^2 = 73,2 \%^2;$$

$$P_M = 8,5 \%;$$

$$\Delta M = \frac{P_M \cdot M}{100} = \frac{8,5 \% \cdot 240 \text{ т}}{100 \%} = 20,5 \text{ т}.$$

Ответ: $M = (240 \pm 20,5) \text{ т}.$

Пример 2.3. Найти массу концентрата в сгустителе цилиндрической (условно) формы диаметром 25 м, высота пульпы 4 м, плотность пульпы 1260 кг/м^3 , плотность твердого 3500 кг/м^3 .
Найти погрешность определения сухой массы, если $P_V = 2 \%$; $P_\delta = 3 \%$ и $P_{\rho_{\text{ТВ}}} = 5 \%$.

Ответ записать в виде $M_{\text{сух ист}} = M_{\text{сух}} \pm \Delta M_{\text{сух}}.$

Решение:

$$V_{\text{сг}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 25^2 \text{ м}^2}{4} \cdot 4 \text{ м} = 19625 \text{ м}^3;$$

$$M_{\text{сух}} = V \cdot (\delta - 1000) \cdot \frac{\rho_{\text{ТВ}}}{\rho_{\text{ТВ}} - 1000} =$$

$$= 19625 \text{ м}^3 \cdot (1260 - 1000) \cdot \frac{3500}{3500 - 1000} = 714350 \text{ кг} = 714,35 \text{ т};$$

$$P_{M_{\text{сух}}}^2 = P_V^2 + \left(\frac{\delta}{\delta - 1000} \right)^2 \cdot P_\delta^2 + \left(\frac{1000}{\rho_{\text{ТВ}} - 1000} \right)^2 \cdot P_{\rho_{\text{ТВ}}}^2 =$$

$$= 2^2 + \left(\frac{1260}{1260 - 1000} \right)^2 \cdot 3^2 + \left(\frac{1000}{3500 - 1000} \right)^2 \cdot 5^2 = 4 + 211,4 + 4 = 219,4 \%^2;$$

$$P_{M_{\text{сух}}} = 14,8 \%;$$

$$\Delta M_{\text{сух}} = \frac{P_{M_{\text{сух}}} \cdot M_{\text{сух}}}{100} = \frac{14,8 \% \cdot 714,35 \text{ т}}{100 \%} = 105,8 \text{ т}.$$

Ответ: $M_{\text{сух ист}} = (714,35 \pm 105,8) \text{ т}.$

Пример 2.4. Построить зависимость плотности медного продукта ρ от массовой доли α меди в нем в диапазоне $0 \div \beta_{\text{м}}$.

Дано: $\rho_{\text{п}} = 2600 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{м}} = 4900 \text{ кг/м}^3$; $\beta_{\text{м}} = 34,6 \%$.

Решение:

$$\rho = \frac{\rho_{\Pi} \cdot \rho_M \cdot \beta_M}{\alpha \cdot \rho_{\Pi} + (\beta_M - \alpha) \cdot \rho_M};$$

$$\alpha = 0 \quad \rho = \frac{\rho_{\Pi} \cdot \rho_M \cdot \beta_M}{0 \cdot \rho_{\Pi} + (\beta_M - 0) \cdot \rho_M} = \rho_{\Pi} = 3000 \text{ кг/м}^3;$$

$$\alpha = 10 \% \quad \rho = \frac{3000 \cdot 4900 \cdot 34,6}{10 \cdot 3000 + (34,6 - 10) \cdot 4900} = 3379 \text{ кг/м}^3;$$

$$\alpha = 20 \% \quad \rho = \frac{3000 \cdot 4900 \cdot 34,6}{20 \cdot 3000 + (34,6 - 20) \cdot 4900} = 3867 \text{ кг/м}^3;$$

$$\alpha = 30 \% \quad \rho = \frac{3000 \cdot 4900 \cdot 34,6}{30 \cdot 3000 + (34,6 - 30) \cdot 4900} = 4519 \text{ кг/м}^3;$$

$$\alpha = 34,6 \% \quad \rho = 4900 \text{ кг/м}^3.$$

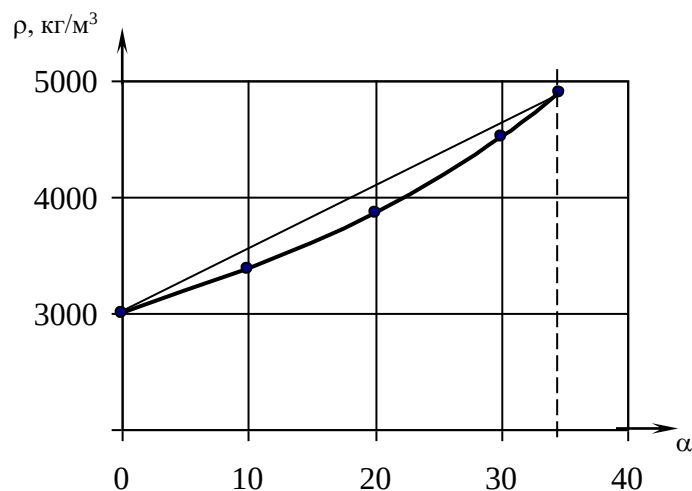


Рис. Зависимость плотности медного продукта от массовой доли меди в нем

Задание № 2

1. Найти массу M и случайную погрешность определения массы склада руды.

Дано: объем $V = 1500 \text{ м}^3$;

насыпная плотность $\rho_{\text{нас}} = 2000 \text{ кг/м}^3$;

погрешности $P_V = 4 \%$, $P_{\rho_{\text{нас}}} = 8 \%$;

Ответ записать в виде $M_{\text{ист}} = M \pm \Delta M$.

2. Найти массу M и случайную погрешность массы концентрата в вагоне с размерами $l = 15 \text{ м}$; $b = 3 \text{ м}$; $h = 2,5 \text{ м}$.

Насыпная плотность 1600 кг/м^3 .

Погрешность определения линейных размеров ± 10 см.

Погрешность определения насыпной плотности $S_{\rho_{\text{нас}}} = 140 \text{ кг/м}^3$.

Ответ записать в виде $M \pm \Delta M$.

3. Найти массу концентрата в сгустителе (условно) цилиндрической формы диаметром 50 м, высота пульпы 5 м, плотность пульпы 1100 кг/м^3 , плотность твердого 5100 кг/м^3 .

Найти погрешность определения сухой массы, если $P_V = 4 \%$; $P_\delta = 2 \%$ и $P_{\rho_{\text{ТВ}}} = 7 \%$.

Ответ записать в виде $M_{\text{сух ист}} = M_{\text{сух}} \pm \Delta M_{\text{сух}}$.

4. Построить зависимость плотности цинкового продукта ρ от массовой доли α цинка в нем в диапазоне $0 \div \beta_m$.

Дано: $\rho_{\text{п}} = 2700 \text{ кг/м}^3$; $\rho_m = 4100 \text{ кг/м}^3$; $\beta_m = 67,1 \%$.

3. Расчет точечных показателей, распределений и покусковой дисперсии

Методические указания.

Среднее арифметическое значение массовой доли $\bar{\alpha}$ находят по формуле:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i}{N}.$$

Здесь N – число усредняемых результатов.

Среднее взвешенное значение массовой доли $\alpha_{\text{взв}}$:

$$\alpha_{\text{взв}} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot M_{\text{сух } i}}{\sum_{i=1}^N M_{\text{сух } i}} = \frac{\sum_{i=1}^N M_i (1 - W_i) \cdot \alpha_i}{\sum_{i=1}^N M_i (1 - W_i)}.$$

Дисперсию массовой доли рассчитывают по среднему арифметическому:

$$S_{\alpha}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{N - 1}.$$

Имеется приближенная формула:

если $N \leq 16$, то
$$S_{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}}{\sqrt{N}},$$

если $N > 16$, то
$$S_{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}}{4}.$$

Коэффициент вариации V_{α} :

$$V_{\alpha} = \frac{S_{\alpha}}{\bar{\alpha}} \cdot 100, \%$$

В дальнейшем чаще всего понятно, что речь идет о средней массовой доле, и черточку над $\bar{\alpha}$ не ставят.

Распределение массовой доли находят по формуле Пуассона:

$$P_m = \frac{\bar{m}^m}{m!} \cdot e^{-\bar{m}}.$$

Здесь m – число зерен определяемого минерала (при расчете задаем);

$\bar{m}$ – среднее число зерен в пробе (навеске для анализа);

P_m – доля проб (навесок), в которых окажется m зерен определяемого минерала.

Среднее число зерен определяют по формуле (на примере золота):

$$\bar{m} = \frac{m_{\text{Au}}}{m_{\text{ЗОЛОТИНКИ}}} = \frac{q \cdot \alpha}{f \cdot \rho_{\text{М}} \cdot (\bar{d})^3 \cdot \beta_{\text{М}}}.$$

Здесь q – масса пробы (навески);

α – массовая доля золота;

$\bar{d}$ – средний размер кусков материала пробы, $\bar{d} = d_{\text{max}}/2$;

$\rho_{\text{М}}$ – плотность минерала (золота);

$\beta_{\text{М}}$ – массовая доля определяемого компонента в минерале (золота в золоте);

f – коэффициент формы.

Следует согласовать размерности с тем, чтобы получить ответ в штуках (числах зерен).

Покусковую дисперсию можно определять по формулам:

Полная

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{\rho_{\text{М}}}{\rho_{\text{П}}} \cdot \alpha(\beta_{\text{М}} - \alpha) \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_{\text{М}}} + \frac{\alpha \cdot \rho_{\text{П}}}{\beta_{\text{М}} \cdot \rho_{\text{М}}} \right)^2.$$

Для $\alpha < 0,15\beta_{\text{М}}$:

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{\rho_{\text{М}}}{\rho_{\text{П}}} \cdot \alpha(\beta_{\text{М}} - \alpha)$$

и для весьма малых α :

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{\rho_{\text{М}}}{\rho_{\text{П}}} \cdot \alpha \cdot \beta_{\text{М}}.$$

Пример 3.1. Найти $\bar{\alpha}$; $\alpha_{\text{взв}}$; V_{α} для результатов работы фабрики, полученных за декаду.

Сутки	Переработано M , тонны	Влажность W , %	Массовая доля α , %
1	5600	10	2,67
2	5700	8	2,30
3	4900	6	1,95
4	5200	7	2,64
5	4700	9	1,65
6	4900	8	2,44
7	5300	10	2,08
8	5600	8	2,91
9	4900	6	1,86
10	5000	10	2,15

Решение:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha_i}{N} = \frac{2,67 + 2,30 + 1,95 + \dots + 2,15}{10} = 2,265 \text{ \%};$$

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{взв}} &= \frac{\sum M_i \cdot (1 - W_i) \cdot \alpha_i}{\sum M_i \cdot (1 - W_i)} = \\ &= \frac{5600 \cdot (1 - 0,1) \cdot 2,67 + 5700 \cdot (1 - 0,08) \cdot 2,3 + \dots + 5000 \cdot (1 - 0,1) \cdot 2,15}{5600 \cdot (1 - 0,1) + 5700 \cdot (1 - 0,08) + \dots + 5000 \cdot (1 - 0,1)} = \\ &= 2,282 \text{ \%.} \end{aligned}$$

Разность $\alpha_{\text{взв}} - \bar{\alpha} = 2,282 - 2,265 = 0,017 \text{ \%}$.

Относительная разность:

$$\frac{\alpha_{\text{взв}} - \bar{\alpha}}{\alpha_{\text{взв}}} \cdot 100 = \frac{0,017}{2,282} \cdot 100 = 0,75 \text{ \%}.$$

Это почти 1 % металла фабрики. Много!

$$\begin{aligned} S_{\alpha}^2 &= \frac{\sum (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{N - 1} = \\ &= \frac{(2,67 - 2,265)^2 + (2,30 - 2,265)^2 + \dots + (2,15 - 2,265)^2}{10 - 1} = \frac{1,441}{9} = 0,16 \text{ \%}^2; \\ S_{\alpha} &= 0,4 \text{ \%.} \end{aligned}$$

Коэффициент вариации:

$$V_{\alpha} = \frac{S_{\alpha}}{\bar{\alpha}} \cdot 100 = \frac{0,4 \text{ \%}}{2,265 \text{ \%}} \cdot 100 \text{ \%} = 17,7 \text{ \%}.$$

Проверка приближенной формулы:

$$S_{\alpha} = \frac{\alpha_{\text{max}} - \alpha_{\text{min}}}{\sqrt{N}} = \frac{2,91 - 1,65}{\sqrt{10}} = 0,398 \text{ \%} \approx 0,4 \text{ \%}.$$

Пример 3.2. Построить распределение массовой доли золота в навесках массой $q = 50$ г, если $\alpha = 0,6$ г/т; крупность продукта $d_{\max} = 0,25$ мм. Плотность золота $\rho_m = 18000$ кг/м³. Золотинки состоят из чистого золота.

Решение:

Находим среднее число золотин в навеске:

$$\bar{m} = \frac{m_{\text{Au}}}{m_{\text{золотинки}}} = \frac{q \cdot \alpha}{f \cdot \rho_m \cdot (\bar{d})^3 \cdot \beta_m}.$$

Будем α и β подставлять в г/т:

$$\alpha = 0,6 \text{ г/т и } \beta_m = 10^6 \text{ г/т.}$$

$$\bar{d} = \frac{d_{\max}}{2} = \frac{0,25}{2} = 0,125 \text{ мм.}$$

$$\begin{aligned} \bar{m} &= \frac{50 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 0,6 \text{ г/т}}{0,5 \cdot 18000 \text{ кг/м}^3 \cdot (0,125 \cdot 10^{-3})^3 \text{ м}^3 \cdot 10^6 \text{ г/т}} = \\ &= \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6}{9 \cdot 10^3 \cdot (1,953 \cdot 10^{-12}) \cdot 10^6} = 1,7 \text{ штук.} \end{aligned}$$

В навесках-пробах массой 50 г имеется в среднем 1,7 золотины.

Рассчитываем распределение:

$$P_m = \frac{\bar{m}^m}{m!} \cdot e^{-\bar{m}}.$$

$$P_0 = \frac{1,7^0}{0!} \cdot e^{-1,7} = 0,183$$

$$P_1 = \frac{1,7^1}{1!} \cdot e^{-1,7} = 0,31$$

$$P_2 = \frac{1,7^2}{2!} \cdot e^{-1,7} = P_1 \cdot \frac{1,7}{2} = 0,264$$

$$P_3 = \frac{1,7^3}{3!} \cdot e^{-1,7} = P_2 \cdot \frac{1,7}{3} = 0,150$$

$$P_4 = \frac{1,7^4}{4!} \cdot e^{-1,7} = P_3 \cdot \frac{1,7}{4} = 0,064$$

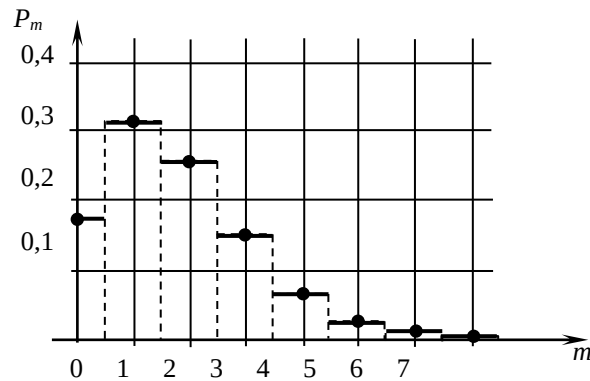
$$P_5 = \frac{1,7^5}{5!} \cdot e^{-1,7} = P_4 \cdot \frac{1,7}{5} = 0,022$$

$$P_6 = \frac{1,7^6}{6!} \cdot e^{-1,7} = P_5 \cdot \frac{1,7}{6} = 0,006$$

$$P_7 = \frac{1,7^7}{7!} \cdot e^{-1,7} = P_6 \cdot \frac{1,7}{7} = 0,001$$

$$\Sigma P_i = 1$$

Строим распределение



Пример 3.3. Построить зависимость покусковой дисперсии для свинцового продукта от массовой доли. Известные данные: $\beta_M = 86,6 \%$; $\rho_{\Pi} = 3100 \text{ кг/м}^3$; $\rho_M = 7500 \text{ кг/м}^3$.

Решение:

$$S_K^2 = \frac{\rho_M}{\rho_{\Pi}} \cdot \alpha \cdot (\beta_M - \alpha) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_M} + \frac{\alpha \cdot \rho_{\Pi}}{\beta_M \cdot \rho_M} \right)^2.$$

$$\alpha = 0 \quad S_K^2 = 0;$$

$$\alpha = 20 \% \quad S_K^2 = \frac{7500}{3100} \cdot 20 \cdot (86,6 - 20) \cdot \left(1 - \frac{20}{86,6} + \frac{20 \cdot 3100}{86,6 \cdot 7500} \right)^2 = 2404 \%^2;$$

$$\alpha = 40 \% \quad S_K^2 = \frac{7500}{3100} \cdot 40 \cdot (86,6 - 40) \cdot \left(1 - \frac{40}{86,6} + \frac{40 \cdot 3100}{86,6 \cdot 7500} \right)^2 = 2376 \%^2;$$

$$\alpha = 60 \% \quad S_K^2 = \frac{7500}{3100} \cdot 60 \cdot (86,6 - 60) \cdot \left(1 - \frac{60}{86,6} + \frac{60 \cdot 3100}{86,6 \cdot 7500} \right)^2 = 1359 \%^2;$$

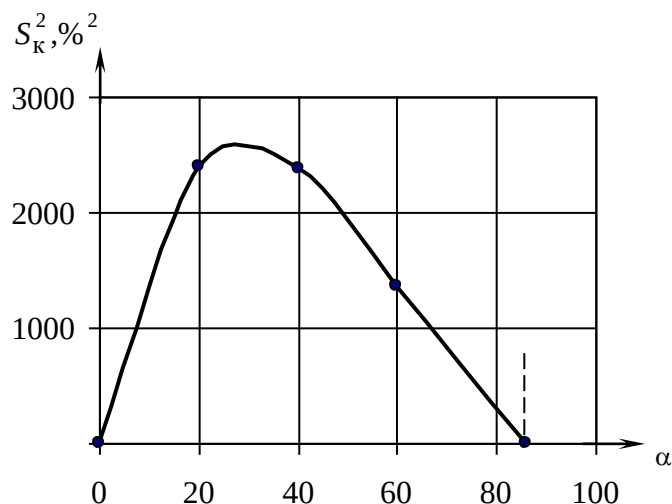


Рис. Зависимость покусковой дисперсии от α

Задание № 3

1. Найти $\bar{\alpha}$, $\alpha_{взв}$, V_{α} для результатов работы фабрики, полученных за первую половину месяца.

Сутки	M , т/сутки	W , %	α , %
1	88000	6	16,4
2	126000	7	16,8
3	114000	6	19,6
4	96000	8	17,3
5	92000	4	14,0
6	95000	3	15,2
7	117000	4	18,3
8	124000	3	19,4
9	108000	5	18,6
10	106000	6	17,9
11	95000	7	14,5
12	93000	6	16,3
13	98000	5	19,7
14	117000	4	18,4
15	123000	3	19,6

Может ли средневзвешенное значение быть меньше среднего арифметического?

2. Построить гистограмму распределения массовой доли в точечных пробах $P_m = f(m)$.

Дано: масса навески 0,25 г;

массовая доля цинка $\alpha = 0,03$ %;

крупность навески 0,5 мм;

плотность сфалерита 4100 кг/м³;

частицы состоят из чистого сфалерита $\beta_m = 67,1$ %.

Принять $f = 0,5$.

Пересчитать ось абсцисс с m на α .

3. Найти покусковую дисперсию для железных продуктов $\rho_m = 5000$ кг/м³; $\rho_{п} = 3000$ кг/м³; $\beta_m = 72,6$ % для различных значений α , %: 0, 10, 20, 40, 60. Построить зависимость S_K^2 от α .

4. Расчет минимальной массы для раскрытых тщательно перемешанных продуктов

Методические указания.

Минимальная масса пробы от тщательно перемешанной руды, не содержащей сростков, определяется по формуле:

$$q = 2f \cdot \frac{S_k^2}{S_{\text{доп}}^2} \cdot \rho(\bar{d})^3.$$

Здесь f – коэффициент формы, принимаем 0,5;

S_k^2 – покусовая дисперсия, находим по формулам задания № 3;

$S_{\text{доп}}$ – допустимая среднеквадратичная погрешность отбора пробы, находим из формулы относительной погрешности:

$$S_{\text{доп}} = \frac{P_{\text{доп}} \cdot \alpha}{t \cdot 100};$$

ρ – плотность материала пробы (для бедных продуктов принимаем $\rho \cong \rho_{\text{п}}$, для очень богатых $\rho \cong \rho_{\text{м}}$, для других – рассчитываем по формуле (в задании № 2));

$\bar{d}$ – средний размер кусков пробы:

$$\bar{d} \approx d_{\text{max}}/2.$$

Пример 4.1. Найти минимальную массу пробы хвостов обогащения железной руды.

Дано: $\alpha = 2 \%$; $\beta_{\text{м}} = 72,6 \%$; $\rho_{\text{п}} = 3000 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{м}} = 5000 \text{ кг/м}^3$;

$d_{\text{max}} = 0,2 \text{ мм}$; $P_{\text{доп}} = 3 \%$; $f = 0,5$; $t = 2$.

Решение:

Продукт бедный. Принимаем $\rho = \rho_{\text{п}}$.

$$S_{\text{доп}} = \frac{P_{\text{доп}} \cdot \alpha}{t \cdot 100} = \frac{3 \% \cdot 2 \%}{2 \cdot 100 \%} = 0,03 \%;$$

$$S_k^2 = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{п}}} \cdot \alpha(\beta_{\text{м}} - \alpha) = \frac{5000}{3000} \cdot 2 \cdot (72,6 - 2) = 235,3 \%^2;$$

$$\bar{d} = \frac{d_{\text{max}}}{2} = \frac{0,2 \text{ мм}}{2} = 0,1 \text{ мм}.$$

Находим минимальную массу:

$$\begin{aligned} q &= 2f \cdot \frac{S_k^2}{S_{\text{доп}}^2} \cdot \rho \cdot \bar{d}^3 = \\ &= 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{235,3 \%^2}{0,03^2 \%^2} \cdot 3000 \text{ кг/м}^3 \cdot (0,1 \cdot 10^{-3})^3 \text{ м}^3 = 0,0007 \text{ кг} = 0,7 \text{ г}. \end{aligned}$$

Пример 4.2. Найти минимальную массу пробы для железного концентрата.

Дано: $d_{\max} = 0,05$ мм; $\rho_{\Pi} = 3000$ кг/м³; $\rho_{\text{м}} = 5000$ кг/м³;

$\alpha = 67$ %; $\beta_{\text{м}} = 72,6$ %; $P_{\text{доп}} = 3$ %.

Решение:

Богатый продукт.

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\Pi}} \cdot \alpha \cdot (\beta_{\text{м}} - \alpha) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\beta_{\text{м}}} + \frac{\alpha \cdot \rho_{\Pi}}{\beta_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}}}\right)^2 =$$
$$= \frac{5000}{3000} \cdot 67 \% \cdot (72,6 - 67) \% \cdot \left(1 - \frac{67}{72,6} + \frac{67 \cdot 3000}{72,6 \cdot 5000}\right)^2 = 248,7 \%^2;$$

$$\rho = \frac{3000 \cdot 5000 \cdot 72,6}{67 \cdot 3000 + (72,6 - 67) \cdot 5000} = 4755 \text{ кг/м}^3;$$

$$\bar{d} = \frac{0,05 \text{ мм}}{2} = 0,025 \text{ мм};$$

$$S_{\text{доп}} = \frac{0,5 \% \cdot 67 \%}{2 \cdot 100 \%} = 0,1675 \%;$$

$$q = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{248,7 \%^2}{0,1675^2 \%^2} \cdot 4755 \text{ кг/м}^3 \cdot (0,025 \cdot 10^{-3})^3 \text{ м}^3 =$$
$$= 8864,3 \cdot 4755 \cdot 15,6 \cdot 10^{-15} = 0,657 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 0,657 \text{ мг}.$$

Это очень мелкий и богатый продукт.

Пример 4.3. Найти минимальную массу пробы для россыпных алмазов.

Дано: $\alpha = 3$ г/т; $\beta_{\text{м}} = 100$ %; $\rho_{\text{м}} = 3500$ кг/м³;

$\rho_{\Pi} = 3000$ кг/м³; $d_{\max} = 14$ мм; $P_{\text{доп}} = 0,5$ %.

Решение:

Продукт бедный ($\rho = \rho_{\Pi}$).

$$S_{\text{доп}} = \frac{P_{\text{доп}} \cdot \alpha}{t \cdot 100} = \frac{10 \% \cdot 3 \text{ г/т}}{2 \cdot 100 \%} = 0,15 \text{ г/т}.$$

Покусковая дисперсия для очень бедного продукта:

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\Pi}} \cdot \alpha \cdot \beta_{\text{м}} = \frac{3500}{3000} \cdot 3 \cdot 10^6 = 3,5 \cdot 10^6 (\text{г/т})^2;$$

$$\bar{d} = \frac{d_{\max}}{2} = \frac{14 \text{ мм}}{2} = 7 \text{ мм};$$

$$q = 2f \cdot \frac{S_{\text{к}}^2}{S_{\text{доп}}^2} \cdot \rho \cdot \bar{d}^3 = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{3,5 \cdot 10^6 (\text{г/т})^2}{0,15^2 (\text{г/т})^2} \cdot 3000 \text{ кг/м}^3 \cdot (7 \cdot 10^{-3})^3 \text{ м}^3 = 160078 \text{ кг} =$$
$$= 160,1 \text{ т}.$$

Задание № 4

Найти минимальную массу пробы, отобранной от тщательно перемешанной руды. Руда раскрыта, т.е. сrostки отсутствуют.

№	Название продукта	Крупность $d_{\max}$, мм	Плотность, кг/м ³		Массовая доля		Допустимая погрешность, $P_{\text{доп}}$, %
			$\rho_{\text{п}}$	$\rho_{\text{м}}$	α	$\beta_{\text{м}}$	
1	Золотоносный песок	2	2650	18000	4 г/т	100 %	8 %
2	Алмазная россыпь	14	2900	3500	0,12 кар/т	100 %	10 %
3	Цинковые хвосты	0,3	3200	4000	0,9 %	67,1 %	2 %
4	Железный концентрат	0,05	3000	5000	67 %	72,6 %	0,5 %
5	Медный концентрат	0,1	2700	4000	25 %	34,6 %	0,75 %
6	Молибденовые хвосты	0,2	2900	4800	0,0006 %	59,9 %	12 %
7	Золотой концентрат	0,15	2700	18000	180 г/т	100 %	5 %
8	Хвосты асбофабрики	0,5	2800	2800	0,6 %	100 %	3 %
9	Платиновая россыпь	1	3500	19000	0,17 г/т	100 %	15 %
10	Уголь	200	2100	1400	80 %	92 %	7 %

5. Расчет минимальной массы для тщательно перемешанных продуктов, содержащих сrostки

Методические указания.

Минимальная масса пробы от тщательно перемешанного массива, содержащая сrostки:

$$q = 2f \cdot \frac{S_{\text{к}}^2}{S_{\text{доп}}^2} \cdot \rho(\bar{d}_3)^{3-b} \cdot (\bar{d})^b.$$

Здесь $\bar{d}_3$ – средний размер зерен минерала:

$$\bar{d}_3 = d_{3 \max} / 2.$$

b – числовая характеристика вкрапленности минерала ($b = 0$ для редкой равномерной вкрапленности; $b = 1$ для жильной; $b = 2$ для слоистой и $b = 1,5$ для неравномерной вкрапленности).

Остальные величины такие же, как в задании № 4.

Пример 5.1. Найти минимальную массу пробы для определения массовой доли асбеста в щебне.

Дано: $d_{\max} = 40$ мм; $\alpha = 0,6$ %; $\beta_m = 100$ %; $\rho_m = \rho_{\Pi} = 2600$ кг/м³;
 $P_{\text{доп}} = 7$ %; $d_{3 \max} = 2$ мм.

Решение:

Находим

$$\bar{d} = \frac{40 \text{ мм}}{2} = 20 \text{ мм};$$

$$\bar{d}_3 = \frac{2 \text{ мм}}{2} = 1 \text{ мм};$$

$$S_{\text{доп}} = \frac{P_{\text{доп}} \cdot \alpha}{t \cdot 100} = \frac{7 \% \cdot 0,6 \%}{2 \cdot 100 \%} = 0,021 \ \%.$$

Покусковая дисперсия для бедного продукта:

$$S_k^2 = \frac{\rho_m}{\rho_{\Pi}} \cdot \alpha(\beta_m - \alpha) = \frac{2600}{2600} \cdot 0,6 \% \cdot (100 - 0,6)\% = 60 \ \%^2.$$

Асбест слоистый – $b = 2$:

$$q = 2f \cdot \frac{S_k^2}{S_{\text{доп}}^2} \cdot \rho \cdot (\bar{d})^b (\bar{d}_3)^{3-b} =$$

$$= 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{60 \ \%^2}{0,021^2 \ \%^2} \cdot 2600 \text{ кг/м}^3 \cdot (20 \cdot 10^{-3})^2 (1 \cdot 10^{-3})^{3-2} \text{ м}^3 = 141,4 \text{ кг}.$$

Пример 5.2. Найти минимальную массу пробы медной руды.

Дано: $d_{\max} = 15$ мм; $\rho_{\Pi} = 3000$ кг/м³; $\rho_m = 4900$ кг/м³;
 $\alpha = 2,6$ %; $\beta_m = 34,6$ %; $P_{\text{доп}} = 5$ %; $d_{3 \max} = 0,5$ мм.

Решение:

$$S_k^2 = \frac{4900}{3000} \cdot 2,6 \% \cdot (34,6 - 2,6) \% = 135,9 \ \%^2;$$

$$S_{\text{доп}} = \frac{5 \% \cdot 2,6 \%}{2 \cdot 100 \%} = 0,065 \ %;$$

$$\bar{d}_3 = \frac{0,5 \text{ мм}}{2} = 0,25 \text{ мм};$$

$$\bar{d} = \frac{15 \text{ мм}}{2} = 7,5 \text{ мм};$$

$$q = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{135,9 \ \%^2}{0,065^2 \ \%^2} \cdot 3000 \text{ кг/м}^3 \cdot (0,25 \cdot 10^{-3})^{3-1,5} \cdot (7,5 \cdot 10^{-3})^{1,5} =$$

$$= 32165,7 \cdot 3000 \cdot (3,95 \cdot 10^{-6}) \cdot (0,65 \cdot 10^{-3}) = 0,25 \text{ кг}.$$

Пример 5.3. Найти минимальную массу пробы золотой руды.

Дано: $d_{\max} = 25$ мм; $\rho_{\Pi} = 2600$ кг/м³; $\rho_m = 18000$ кг/м³;

$$\alpha = 2 \text{ г/т}; \beta_m = 100 \% ; P_{\text{доп}} = 9 \% ; d_{3 \text{ max}} = 1,0 \text{ мм.}$$

Решение:

$$S_k^2 = \frac{18000}{2600} \cdot 2 \text{ г/т} \cdot 10^6 \text{ г/т} = 13,8 \cdot 10^6 (\text{г/т})^2;$$

$$S_{\text{доп}} = \frac{9 \% \cdot 2 \text{ г/т}}{2 \cdot 100 \%} = 0,09 \text{ г/т};$$

$$\bar{d}_3 = \frac{1 \text{ мм}}{2} = 0,5 \text{ мм};$$

$$\bar{d} = \frac{25 \text{ мм}}{2} = 12,5 \text{ мм};$$

$$q = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{13,8 \cdot 10^6 (\text{г/т})^2}{0,09^2 (\text{г/т})^2} \cdot 2600 \text{ кг/м}^3 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (12,5 \cdot 10^{-3})^0 =$$

$$= 1,7 \cdot 10^9 \cdot 2,6 \cdot 10^3 \cdot 125 \cdot 10^{-12} \cdot 1 = 552,5 \text{ кг};$$

Задание № 5

Найти минимальные массы пробы тщательно перемешанного опробуемого массива, данные о которых представлены в таблице. Руда не раскрыта, т.е. имеются росстки.

№	Название продукта	Крупность d_{max} , мм	Плотность, кг/м ³		Массовая доля		Допустимая погрешность, $P_{\text{доп}}$, %	Крупность зерен минерала, $d_{3 \text{ max}}$, мм	Вкрапленность
			ρ_p	ρ_m	α	β_m			
1	Железная руда	40	3200	5100	15 %	72,6 %	4	3	Слоистая
2	Медная руда	35	3000	4900	2,6 %	34,6 %	0,25	0,5	Неравномерная
3	Золотая руда	10	2600	18000	2 г/т	100 %	3	1,0	Редкая равномерная
4	Асбестовая руда	35	2800	2800	3 %	100 %	6	4,2	Слоистая
5	Сильвинит	12	2100	2000	32 %	98 %	3	5	Слоистая
6	Платиновая руда	50	3000	19000	0,3 г/т	100 %	10	0,4	Редкая равномерная
7	Кварцевая руда	100	3000	2650	6	100 %	5	2,5	Слоистая
8	Алмазная руда	60	3200	3500	2 кар/т	100 %	20	5	Редкая равномерная
9	Слюдяная руда	200	2800	3100	7	100 %	7	10	Слоистая
10	Шлак с включениями железа	150	4000	7000	4	100 %	12	60	Неравномерная

6. Расчет относительной случайной погрешности подготовки пробы

Методические указания.

Относительная случайная погрешность подготовки пробы определяется по формуле:

$$P_{\text{под}} = \frac{2S_{\text{под}}}{\alpha} \cdot 100, \%;$$
$$S_{\text{под}}^2 = K \cdot \sum_{j=1}^k 2f \cdot S_{\kappa_j}^2 \cdot \rho(\bar{d}_j)^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{j \text{ кон}}} - \frac{1}{q_{j \text{ нач}}} \right).$$

Здесь K – коэффициент качества перемешивания пробы, $K = 1,3$;

k – число операций сокращения пробы;

$q_{j \text{ нач}}$ и $q_{j \text{ кон}}$ – начальная и конечная масса пробы для j -ой операции сокращения;

$\bar{d}_j$ – средняя крупность материала на j -ой операции сокращения;

ρ – плотность материала пробы;

f – коэффициент формы;

$S_{\kappa_j}^2$ – покусковая дисперсия для материала j -ой операции сокращения.

S_{κ}^2 для раскрытого материала (когда $d < d_3$) находится по формулам задания № 3.

Для случая $d > d_3$ покусковая дисперсия находится по формуле:

$$S_{\kappa}^2(\bar{d} > \bar{d}_3) = S_{\kappa}^2(0) \cdot \left(\frac{\bar{d}_3}{\bar{d}} \right)^{3-b} = S_{\kappa}^2(0) \cdot \left(\frac{d_{3 \text{ max}}}{d_{\text{max}}} \right)^{3-b}.$$

Для решения задачи следует найти массу точечной пробы q_T , отбираемой ковшовым пробоотбирателем:

$$q_T = \frac{Q \cdot b}{g}.$$

Здесь Q – производительность конвейера;

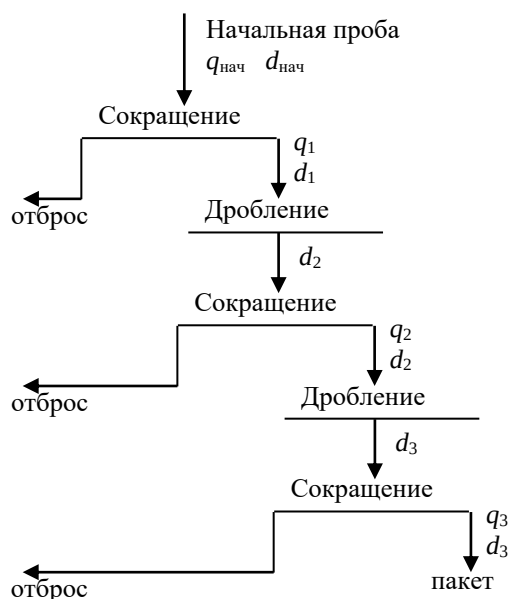
b – ширина щели ковша;

g – скорость ковша.

Затем следует на схеме поставить указанные в задании массы и крупности.

При расчетах следует следить за размерностями.

Пример 6.1. Рассчитать относительную погрешность подготовки пробы руды по изображенной схеме.



Известные данные	Медная руда
$d_{нач \max}$, мм	20
q_1 , кг	7
$d_{2 \max}$, мм	5
q_2 , кг	0,9
$d_{3 \max}$, мм	1
q_3 , кг	0,2
вкрапленность	неравномерная
$d_{3 \max}$, мм	2
ρ_m , кг/м ³	4100
ρ_p , кг/м ³	2800
α , %	0,8
β_m , %	34,6
Q , т/ч	90
N_T	48

Необходимо найти массу точечной пробы, отбираемую ковшовым пробоотбирателем. Параметры пробоотбирателя принимаете самостоятельно.

Предложите действия, позволяющие снизить погрешность подготовки пробы примерно в 2 раза.

Решение:

Принимаем к расчету ковшовый пробоотбиратель с шириной щели ковша $b = 60$ мм и скоростью пересечения потока $\vartheta = 0,5$ м/с. Тогда масса точечной пробы:

$$q_T = \frac{Q \cdot b}{\vartheta} = \frac{\left(\frac{90 \cdot 10^3}{3600} \right) \text{ кг/с} \cdot (60 \cdot 10^{-3}) \text{ м}}{0,5 \text{ м/с}} = 3 \text{ кг.}$$

Начальная масса пробы:

$$q_{нач} = q_T \cdot N_T = 3 \text{ кг} \cdot 48 = 144 \text{ кг.}$$

$$S_{под}^2 = K \cdot \sum_{j=1}^k \left[2f \cdot S_{kj}^2 \cdot \rho \cdot (\bar{d}_j)^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{j \text{ кон}}} - \frac{1}{q_{j \text{ нач}}} \right) \right].$$

Покусковая дисперсия. В скобках – крупность кусков.

$$S_k^2(0) = \frac{\rho_m}{\rho_p} \cdot \alpha \cdot (\beta_m - \alpha) = \frac{4100}{2800} \cdot 0,8 \cdot (34,6 - 0,8) = 39,6 \%^2;$$

$$S_k^2(20) = S_k^2(0) \cdot \left(\frac{d_3}{d} \right)^{3-b} = 39,6 \cdot \left(\frac{2}{20} \right)^{3-1,5} = 1,25 \%^2;$$

$$S_k^2(5) = 39,6 \cdot \left(\frac{2}{5}\right)^{3-1,5} = 10,0 \%^2;$$

$$S_k^2(1) = 39,6 \%^2;$$

$$S_{\text{под}}^2 = 1,3 \cdot \left[2 \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 2800 \cdot (10 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{7} - \frac{1}{144}\right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 2800 \cdot (2,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,9} - \frac{1}{7}\right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot 0,5 \cdot 39,6 \cdot 2800 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,2} - \frac{1}{0,9}\right) \right] = \\ = 1,3 \cdot [476 \cdot 10^{-6} + 423,5 \cdot 10^{-6} + 53,9 \cdot 10^{-6}] = 1239,42 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

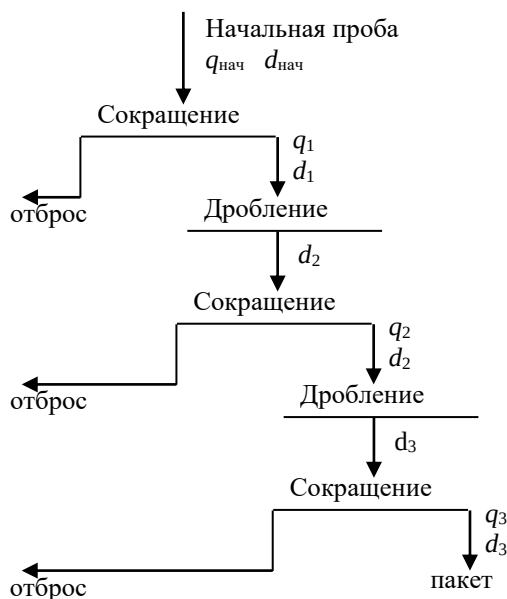
$$S_{\text{под}} = 35,2 \cdot 10^{-3} \%;$$

$$P_{\text{под}} = \frac{2 \cdot S_{\text{под}}}{\alpha} = \frac{2 \cdot 35,2 \cdot 10^{-3} \%}{0,8 \%} \cdot 100 \% = 8,8 \%.$$

Для снижения погрешности примерно в 2 раза нужно, чтобы $S_{\text{под}}^2$ снизилось в 4 раза, т. е. $\frac{1239,42 \cdot 10^{-6} \%^2}{4} = 309,85 \cdot 10^{-6} \%^2$. Это возможно, если пробу 144 кг продробить сразу до 5 мм и сокращать ее не до 0,9 кг, а до 3 кг.

Задание № 6

Рассчитать относительную погрешность подготовки пробы двух типов руд по изображенной схеме.



Известные данные	Асбестовая руда	Железная руда
$d_{\text{нач max}}$, мм	130	40
q_1 , кг	500	40
$d_2 \text{ max}$, мм	45	6
q_2 , кг	100	3
$d_3 \text{ max}$, мм	12	1,5
q_3 , кг	15	0,4
Вкрапленность	слоистая	неравномерная
$d_3 \text{ max}$, мм	11	3
ρ_m , кг/м ³	2600	5000
ρ_p , кг/м ³	2600	3000
α , %	4	18
β_m , %	100	72,3
Q , т/ч	1500	200
N_T	8	12

Необходимо найти массу точечной пробы, отбираемую ковшовым пробоотбирателем. Параметры пробоотбирателя принимаете самостоятельно.

Предложите действия, позволяющие снизить погрешность подготовки пробы примерно в 2 раза.

7. Расчет относительной случайной погрешности отбора навески для анализа

Методические указания.

Относительная случайная погрешность отбора навески для анализа P_α :

$$P_\alpha = \frac{2S_{\text{нав}}}{\alpha} \cdot 100, \%;$$

$$S_{\text{нав}}^2 = 2f \cdot S_{K_{\text{нав}}}^2 \cdot \rho(\bar{d}_{\text{нав}})^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}} \right).$$

Здесь $q_{\text{пак}}$ — масса пробы в пакете;

$q_{\text{нав}}$ — масса навески.

Остальные величины определяются по формулам, используемым в работах № 3, 4, 5.

Материал пакета и навески считаем раскрытым.

Отбор навески должен сопровождаться небольшими относительными погрешностями (первые проценты). Если погрешность велика, следует либо снижать крупность, либо увеличивать массу навески.

Пример 7.1. Найти погрешность отбора аналитической навески для анализа медных хвостов.

Дано: $\alpha = 0,1 \%$; $\beta_m = 34,6 \%$; $\rho_m = 4200 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{п}} = 3000 \text{ кг/м}^3$;

$q_{\text{пак}} = 50 \text{ г}$; $q_{\text{нав}} = 1 \text{ г}$; $d_{\text{max}} = 0,1 \text{ мм}$.

Решение:

$$S_{\text{нав}}^2 = 2f \cdot \rho \cdot \bar{d}_{\text{нав}}^3 \cdot S_{K_{\text{нав}}}^2 \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}} \right);$$

$$\bar{d}_{\text{нав}} = \frac{d_{\text{max}}}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ мм};$$

$$S_{K_{\text{нав}}}^2 = \frac{\rho_m}{\rho_{\text{п}}} \cdot \alpha \cdot \beta_m = \frac{4200}{3000} \cdot 0,1 \% \cdot 34,6 \% = 4,844 \%^2;$$

$$S_{\text{нав}}^2 = 2 \cdot 0,5 \cdot 3000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 4,844 \%^2 \cdot \left(\frac{1}{0,001} - \frac{1}{0,05} \right) \frac{1}{\text{кг}} =$$

$$= 3 \cdot 10^3 \cdot 125 \cdot 10^{-15} \cdot 4,844 \cdot (1000 - 20) = 1,78 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$S_{\text{нав}} = 1,33 \cdot 10^{-3} \%.$$

Относительная погрешность отбора навески:

$$P_{\text{нав}} = \frac{t \cdot S_{\text{нав}}}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 1,33 \cdot 10^{-3} \%}{0,1 \%} \cdot 100 \% = 2,66 \%.$$

Пример 7.2. Найти погрешность отбора навески для анализа золотой руды.

Дано: $\alpha = 2,5$ г/т; $\beta_m = 10^6$ г/т; $\rho_m = 18000$ кг/м³; $\rho_{\Pi} = 3000$ кг/м³;
 $q_{\text{пак}} = 500$ г; $q_{\text{нав}} = 12$ г; $d_{\text{max}} = 0,1$ мм.

Решение:

$$S_{\text{нав}}^2 = 2f \cdot S_{\text{кнав}}^2 \cdot \rho \cdot \bar{d}^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пак}}} \right);$$

$$\bar{d}_{\text{нав}} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ мм};$$

$$S_{\text{кнав}}^2 = \frac{\rho_m}{\rho_{\Pi}} \cdot \alpha \cdot \beta_m = \frac{18000}{3000} \cdot 2,5 \cdot 10^6 = 15 \cdot 10^6 \text{ (г/т)}^2;$$

$$S_{\text{нав}}^2 = 2 \cdot 0,5 \cdot 15 \cdot 10^6 \left(\frac{\text{г}}{\text{т}} \right)^2 \cdot 3000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^3 \text{ м}^3 \cdot \left(\frac{1}{0,012} - \frac{1}{0,5} \right) \frac{1}{\text{кг}} =$$

$$= 0,4573 \text{ (г/т)}^2;$$

$$S_{\text{нав}} = 0,676 \text{ г/т};$$

$$P_{\text{нав}} = \frac{t \cdot S_{\text{нав}}}{\alpha} \cdot 100 \% = \frac{2 \cdot 0,676 \text{ г/т}}{2,5 \text{ г/т}} \cdot 100 \% = 54,1 \%.$$

Такая погрешность для отбора навески недопустима. Следует предложить изменение либо массы, либо крупности навески.

Задание № 7

Определить относительную погрешность отбора навески для представленных данных.

	Тип руды	Массовая доля		Плотности		Масса		$d_{\text{нав max}}$, мм
		α	β_m	ρ_{Π}	ρ_m	$q_{\text{пакета}}$	$q_{\text{навески}}$	
а	Медная	0,8 %	34,6 %	3000	4200	100 г	1 г	0,1
б	Цинковая	56 %	67,1 %	3000	4100	50 г	1 г	0,1
в	Железная	3 %	72,3 %	3000	5200	250 г	1 г	0,05
г	Золотая	0,5 г/т	100 %	2600	18000	5 кг	0,1 кг	0,08
д	Алмазная	1,5 кар/т	100 %	2600	3500	100 кг	1 кг	4
е	Уголь	10 %	80 %	2000	1400	0,5 кг	1 г	0,2
ж	Магнезит	30 %	100 %	2900	3100	3 кг	100 г	3
з	Асбест	2,5 %	100 %	2700	2700	150 кг	20 кг	6
и	Золото	7 г/т	100 %	3000	18000	300 кг	500 г	2
к	Кварц	0,01 г/т	100 %	2650	4000	5 кг	100 г	0,2

8. Расчет относительной случайной погрешности результата опробования

Методические указания.

Относительная случайная погрешность результата опробования определяется по формулам:

$$P_{\text{рез}} = \frac{2S_{\text{рез}}}{\alpha} \cdot 100, \%;$$

$$S_{\text{рез}}^2 = S_{\text{от}}^2 + S_{\text{под}}^2 + S_{\text{ан}}^2;$$

$$S_{\text{от}}^2 = \frac{S_{\text{т}}^2}{N_{\text{т}}};$$

$$S_{\text{под}}^2 = K \cdot \sum_{j=1}^k 2f \cdot S_{\text{к}j}^2 \cdot \rho(\bar{d}_j)^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{j \text{ кон}}} - \frac{1}{q_{j \text{ нач}}} \right);$$

$$S_{\text{ан}}^2 = \frac{1}{n_{\text{нав}}} \left(S_{\text{нав}}^2 + \frac{1}{n_{\text{изм}}} \cdot S_{\text{м}}^2 \right).$$

Здесь $S_{\text{т}}^2$ – дисперсия точечных проб; $N_{\text{т}}$ – число точечных проб; $n_{\text{нав}}$ – число анализируемых навесок; $n_{\text{изм}}$ – число измерений на каждой навеске; $S_{\text{м}}$ – среднеквадратическая погрешность метода анализа (аппаратуры).

Остальные величины описаны в заданиях № 3, 4, 5, 6, 7.

Для решения задачи следует найти массу точечной пробы и расставить на схеме массы и крупности. Необходимо следить за размерностями величин.

По результатам расчета указать операции, параметры которых следует изменять, чтобы снизить погрешность опробования.

Пример 8.1. Найти относительную погрешность результата опробования для трех точек фабрики: руды, концентрата и хвостов. Контрольный период – смена (8 часов).

Известные данные	Руда	Концентрат	Хвосты
Q , т/ч	300	13	287
α , %	1,8	20	0,2
$S_{\text{т}}$, %	0,11	0,7	0,04
$P_{\text{от доп}}$, %	2	0,5	3
$\beta_{\text{м}}$, %	34,6	34,6	34,6
$d_{3 \text{ max}}$, мм	1,5	1,5	1,5
$d_{\text{нач max}}$, мм	20	0,3	1,0
$\rho_{\text{м}}$, кг/м ³	4100	4100	4100
$\rho_{\text{п}}$, кг/м ³	3000	3000	3000
Вкрапления	неравномерная	-	-
$n_{\text{нав}}$	2	2	3
$n_{\text{м}}$	1	2	1
$P_{\text{м}}$, %	1,5	1,0	3,0
пробоотбиратели ковшовые, ширина щели $b \geq 10$ мм			

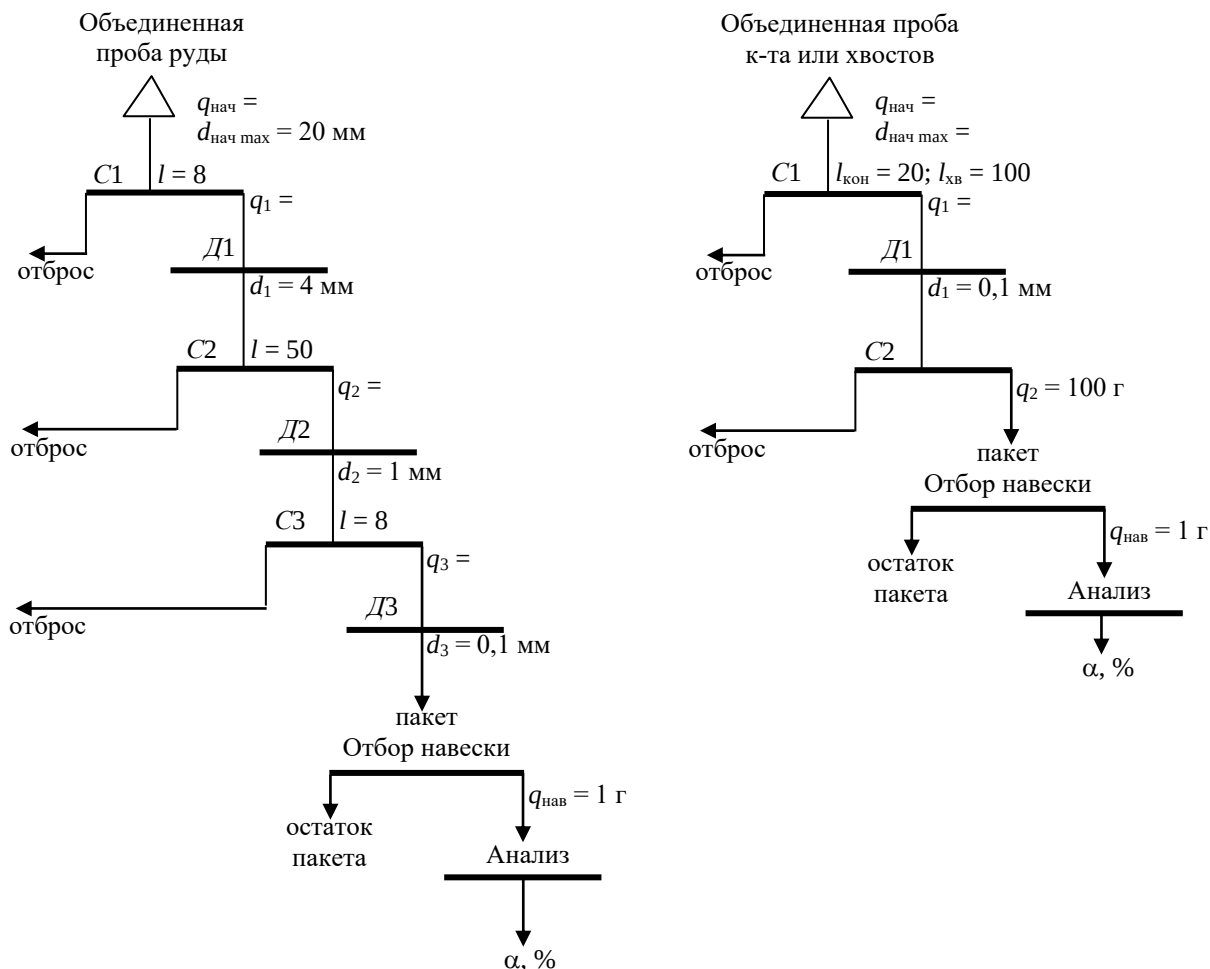


Рис. Расчетные схемы:

l – степень сокращения; C – сокращение; D – изменение крупности

Решение:

Для точки опробования руды

Находим допустимую среднеквадратичную погрешность отбора проб:

$$S_{от\ доп} = \frac{P_{от\ доп} \cdot \alpha}{2 \cdot 100} = \frac{2 \cdot 1,8}{2 \cdot 100} = 0,018 \%$$

Находим число точечных проб за смену:

$$N_T = \frac{S_T^2}{S_{от\ доп}^2} = \frac{0,11^2}{0,018^2} = 37,3.$$

Округляем N_T до 40.

Находим массу точечной пробы, приняв ширину щели ковша $b \geq 3d_{max} = 60\text{ мм}$ и скорость ковша $0,5\text{ м/с}$:

$$q_T = \frac{Q \cdot b}{g} = \frac{\left(300 \cdot \frac{1000}{3600}\right) \text{ кг/с} \cdot (60 \cdot 10^{-3}) \text{ м}}{0,5 \text{ м/с}} = 10 \text{ кг}.$$

Находим начальную массу пробы:

$$q_{нач} = q_T \cdot N_T = 10 \cdot 40 = 400 \text{ кг}.$$

Находим случайную фактическую погрешность отбора:

$$S_{от}^2 = \frac{S_T^2}{N_T} = \frac{0,11^2}{40} = 0,0003 \%^2.$$

Для расчета погрешности подготовки проб найдем покусковые дисперсии для сростков по формуле:

$$S_K^2(d) = S_K^2 \cdot \left(\frac{d_{3 \max}}{d_{\max}} \right)^{3-b};$$

$$S_K^2 = \frac{\rho_M}{\rho_{II}} \cdot \alpha \cdot (\beta_M - \alpha) = \frac{4100}{3000} \cdot 1,8 \cdot (34,6 - 1,8) = 80,7 \%^2.$$

Для $d_{\max} = 20$ мм и 4 мм:

$$S_K^2(20) = 80,7 \cdot \left(\frac{1,5}{20} \right)^{1,5} = 1,66 \%^2;$$

$$S_K^2(4) = 80,7 \cdot \left(\frac{1,5}{4} \right)^{1,5} = 18,53 \%^2;$$

$$S_K^2(0,1) = S_K^2 = 80,7 \%^2, \text{ т.к. } 0,1 \text{ мм} < d_{3 \max}.$$

Находим $q_1 = 400 / 8 = 50$ кг; $q_2 = 50 / 50 = 1$ кг; $q_3 = 1 / 8 = 0,125$ кг.

Тогда погрешность подготовки:

$$\begin{aligned} S_{под}^2 &= 1,3 \cdot \left[2 \cdot 0,5 \cdot 1,66 \cdot 3000 \cdot (10 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{400} \right) + \right. \\ &\quad + 2 \cdot 0,5 \cdot 18,53 \cdot 3000 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{50} \right) + \\ &\quad \left. + 2 \cdot 0,5 \cdot 80,7 \cdot 3000 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,125} - \frac{1}{1} \right) \right] = \\ &= 1,3 \cdot [87,15 \cdot 10^{-6} + 435,8 \cdot 10^{-6} + 211,8 \cdot 10^{-6}] = 955,2 \cdot 10^{-6} \%^2. \end{aligned}$$

Погрешность метода анализа:

$$S_M = \frac{1,5 \cdot 1,8}{2 \cdot 100} = 0,0135 \%.$$

Погрешность анализа, $\%^2$:

$$S_{ан}^2 = \frac{1}{2} \cdot \left[2 \cdot 0,5 \cdot 80,7 \cdot 3000 \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,001} - \frac{1}{0,125} \right) + \frac{1}{1} \cdot 0,0135^2 \right] = 106,1 \cdot 10^{-6} \%^2.$$

Погрешность результата опробования:

$$S_{рез}^2 = 300 \cdot 10^{-6} + 955,2 \cdot 10^{-6} + 106,1 \cdot 10^{-6} = 1361,3 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$S_{рез} = 36,9 \cdot 10^{-3} \%.$$

Относительная случайная погрешность результата опробования:

$$P_{рез} = \frac{2S_{рез}}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 36,9 \cdot 10^{-3}}{1,8} \cdot 100 = 4,1 \%.$$

Это приемлемая для руды погрешность результата опробования.

Если же желательно снизить $P_{рез}$, то нужно выполнить анализ слагаемых $S_{рез}^2$. Наибольшее слагаемое $955,2 \cdot 10^{-6}$ появилось в процессе подготовки пробы. Следовательно, следует воздействовать на технологию подготовки пробы.

Рассмотрим составляющие погрешности подготовки. Видим, что наибольший вклад в погрешность вносит вторая операция сокращения (в 50 раз!). Уменьшим степень сокращения в 5 раз, т. е. примем $l_2 = 10$. Тогда второе слагаемое в $S_{под}^2$ уменьшится в 5 раз.

Тогда

$$S_{под}^2 = 1,3 \cdot \left[87,15 \cdot 10^{-6} + \frac{435,8}{5} \cdot 10^{-6} + 211,8 \cdot 10^{-6} \right] = 501,9 \cdot 10^{-6} \%^2.$$

$$S_{рез}^2 = 300 \cdot 10^{-6} + 501,9 \cdot 10^{-6} + 106,1 \cdot 10^{-6} = 908 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$P_{рез} = \frac{2 \cdot 30,1 \cdot 10^{-3}}{1,8} \cdot 100 = 3,35 \%.$$

Анализируя слагаемые погрешности, можно находить дополнительные решения по снижению погрешности результата опробования.

Для точки опробования хвостов

$$S_{от доп} = \frac{3 \cdot 0,2}{2 \cdot 100} = 0,003 \%;$$

$$N_T = \left(\frac{0,04}{0,003} \right)^2 = 177.$$

Принимаем 160 проб, т. е. отбор одной пробы каждые 3 мин.

$$q_T = \frac{\left(287 \cdot \frac{1000}{3600} \right) \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 1,6 \text{ кг};$$

$$q_{нач} = 1,6 \cdot 160 = 256 \text{ кг}; \quad q_1 = 2,56 \text{ кг};$$

$$S_{от}^2 = \frac{0,04^2}{160} = 0,00001 \%^2;$$

$$S_K^2 = \frac{4100}{3000} \cdot 0,2 \cdot (34,6 - 0,2) = 9,46 \%^2;$$

$$\begin{aligned} S_{под}^2 &= 1,3 \cdot \left[2 \cdot 0,5 \cdot 9,46 \cdot 3000 \cdot (0,5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{2,56} - \frac{1}{256} \right) + \right. \\ &\quad \left. + 2 \cdot 0,5 \cdot 9,46 \cdot 3000 \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,1} - \frac{1}{2,56} \right) \right] = \\ &= 1,3 \cdot [1,37 \cdot 10^{-6} + 0,034 \cdot 10^{-6}] = 1,82 \cdot 10^{-6} \%^2; \end{aligned}$$

$$S_M = \frac{3 \cdot 0,2}{2 \cdot 100} = 0,003 \%;$$

$$S_{\text{ан}}^2 = \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot 0,5 \cdot 9,46 \cdot 3000 \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,001} - \frac{1}{0,1} \right) + \frac{1}{1} \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2 \right] =$$

$$= 4,17 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$S_{\text{рез}}^2 = 10 \cdot 10^{-6} + 1,82 \cdot 10^{-6} + 4,17 \cdot 10^{-6} = 15,99 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$S_{\text{рез}} = 4 \cdot 10^{-3} \%;$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3}}{0,2} \cdot 100 = 4 \%.$$

Анализируя составляющие $S_{\text{рез}}^2$, видим, что нужно снижать погрешность отбора пробы. Но это можно сделать, лишь увеличивая число точечных проб, а оно и так велико. Погрешность $P_{\text{рез}} = 4 \%$ для хвостов – это вполне приемлемая погрешность. Можно даже уменьшить число точечных проб, например, до 80.

Тогда

$$S_{\text{от}}^2 = \frac{0,04^2}{80} = 0,00002 \%^2;$$

$$q_{\text{нач}} = 1,6 \cdot 80 = 128 \text{ кг}.$$

Погрешности $S_{\text{под}}$ и $S_{\text{ан}}$ почти не изменяются, следовательно:

$$S_{\text{рез}}^2 = 20 \cdot 10^{-6} + 1,82 \cdot 10^{-6} + 4,17 \cdot 10^{-6} = 25,99 \cdot 10^{-6} \%^2; \quad S_{\text{рез}} = 5,1 \cdot 10^{-3} \%;$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{2 \cdot 5,1 \cdot 10^{-3}}{0,2} \cdot 100 = 5,1 \%.$$

Это тоже весьма приемлемый для опробования хвостов результат: при анализе расчетов можно не только снизить, но и увеличить погрешность, выиграв в других параметрах опробования. В приведенном случае можно снизить число точечных проб вдвое, снизив вдвое при этом и начальную массу пробы.

Для точки опробования концентрата

$$S_{\text{от}} = \frac{0,5 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 0,05 \%; \quad N_{\text{т}} = \left(\frac{0,7}{0,05} \right)^2 = 196.$$

Принимаем 120 проб.

$$q_{\text{т}} = \frac{\left(13 \cdot \frac{1000}{3600} \right) \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 0,072 \text{ кг};$$

$$q_{\text{нач}} = 0,072 \cdot 120 = 8,64 \text{ кг};$$

$$q_1 = 8,64 / 20 = 0,432 \text{ кг};$$

$$S_{\text{от}}^2 = \frac{0,7^2}{120} = 0,00408 \%^2;$$

$$S_{\text{к}}^2 = \frac{4100}{3000} \cdot 20 \cdot (34,6 - 20) \cdot \left(1 - \frac{20}{34,6} + \frac{20 \cdot 3000}{34,6 \cdot 4100} \right)^2 = 284,9 \%^2;$$

$$\rho = \frac{3000 \cdot 4100 \cdot 34,6}{20 \cdot 3000 + (34,6 - 20) \cdot 4100} 3550,6 \text{ кг/м}^3;$$

$$S_{\text{под}}^2 = 1,3 \cdot \left[2 \cdot 0,5 \cdot 284,9 \cdot 3550,6 \cdot (0,15 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,432} - \frac{1}{8,64} \right) + \right. \\ \left. + 2 \cdot 0,5 \cdot 284,9 \cdot 3550,6 \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,1} - \frac{1}{0,432} \right) \right] = \\ = 1,3 \cdot [7,51 \cdot 10^{-6} + 0,97 \cdot 10^{-6}] = 10,673 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$S_{\text{м}} = \frac{1,0 \cdot 20}{2 \cdot 100} = 0,1 \%;$$

$$S_{\text{ан}}^2 = \frac{1}{2} \cdot \left[2 \cdot 0,5 \cdot 284,9 \cdot 3550,6 \cdot (0,05 \cdot 10^{-3})^3 \cdot \left(\frac{1}{0,001} - \frac{1}{0,1} \right) + \frac{1}{2} \cdot 0,1^2 \right] = \\ = 2562,5 \cdot 10^{-6} \%^2;$$

$$S_{\text{рез}}^2 = 4080 \cdot 10^{-6} + 10,673 \cdot 10^{-6} + 2562,5 \cdot 10^{-6} = 6710 \cdot 10^{-6} \%^2; S_{\text{рез}} = 81,9 \cdot 10^{-3} \%;$$

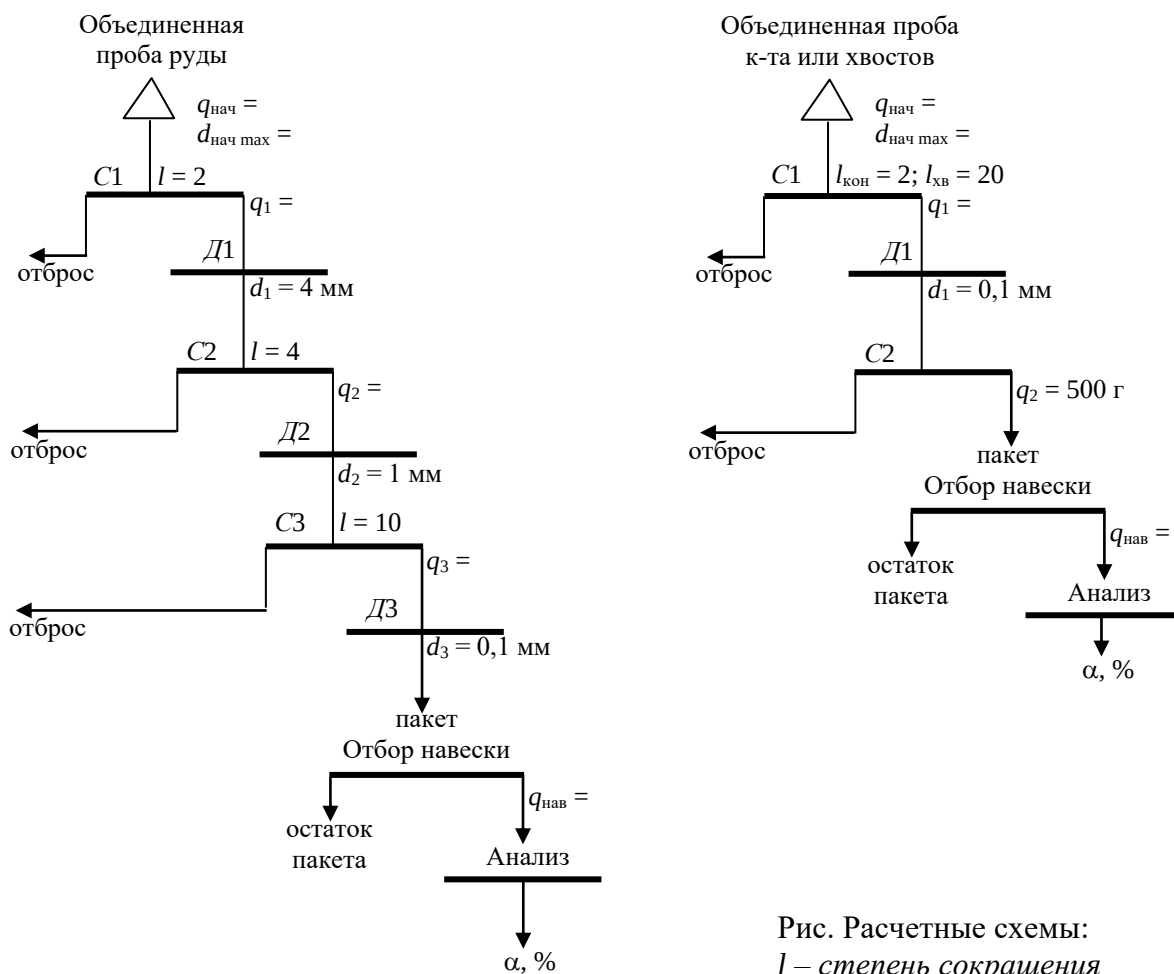
$$P_{\text{рез}} = \frac{2 \cdot 81,9 \cdot 10^{-3}}{20} \cdot 100 = 0,82 \%.$$

Погрешность опробования концентрата приемлема.

Задание № 8

Найти относительную погрешность результата опробования для трех точек фабрики: руды, концентрата и хвостов.

Известные данные	Руда	Концентрат	Хвосты
Q , т/ч	80	0,8	79,2
α , г/т	3,5	130	0,6
$S_{\text{т}}$, г/т	0,3	58	0,1
$P_{\text{от доп}}$, %	6	4	10
$\beta_{\text{м}}$, %	100	100	100
$d_{3 \text{ max}}$, мм	0,8	0,7	0,8
$d_{\text{нач max}}$, мм	15	1	1,5
$\rho_{\text{м}}$, кг/м ³	18000	18000	18000
$\rho_{\text{п}}$, кг/м ³	2650	2650	2650
Вкрапления	неравномерная	-	-
$q_{\text{нав}}$, г	50	50	100
$n_{\text{нав}}$	3	2	5
$n_{\text{м}}$	2	1	1
$P_{\text{м}}$, %	2,5	0,7	3,6
пробоотбиратели ковшовые, ширина щели $b \geq 10$ мм			



9. Расчет показателей технологического баланса

Методические указания.

Основные формулы технологического баланса:

Выход концентрата $\gamma_{\beta} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta};$

Выход хвостов $\gamma_{\vartheta} = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta};$

Извлечение в концентрат $\varepsilon_{\beta} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\gamma_{\beta} \cdot \beta}{\alpha};$

Извлечение в хвосты $\varepsilon_{\vartheta} = \frac{\gamma_{\vartheta} \cdot \vartheta}{\alpha};$

Масса компонента в концентрате $K_{\beta} = M_{\alpha}(1 - W_{\alpha}) \cdot \gamma_{\beta} \cdot \beta;$

Масса компонента в хвостах $K_{\vartheta} = M_{\alpha}(1 - W_{\alpha}) \cdot \gamma_{\vartheta} \cdot \vartheta.$

Здесь α , β и ϑ – массовые доли компонента в руде, концентрате и хвостах;

M_{α} – масса руды (влажная);

W_{α} – влажность руды.

Выполнить проверки:

$$\begin{aligned}\gamma_{\beta} + \gamma_{\vartheta} &= 1; \\ \varepsilon_{\beta} + \varepsilon_{\vartheta} &= 1; \\ K_{\beta} + K_{\vartheta} &= K_{\alpha}; \\ \varepsilon_{\beta} &= \frac{K_{\beta}}{K_{\alpha}}.\end{aligned}$$

Относительная случайная погрешность выхода концентрата:

$$P_{\gamma_{\beta}}^2 = \left(\frac{\alpha}{\alpha - \vartheta} \right)^2 \cdot [P_{\alpha}^2 + \varepsilon_{\beta}^2 P_{\beta}^2 + \varepsilon_{\vartheta}^2 P_{\vartheta}^2].$$

Случайная абсолютная погрешность выхода концентрата:

$$\begin{aligned}\Delta\gamma_{\beta} &= \pm t \cdot S_{\gamma_{\beta}} = \pm 2S_{\gamma_{\beta}} = \pm \frac{P_{\gamma_{\beta}} \cdot \gamma_{\beta}}{100}; \\ S_{\gamma_{\beta}} &= \frac{P_{\gamma_{\beta}} \cdot \gamma_{\beta}}{2 \cdot 100}.\end{aligned}$$

Относительная случайная погрешность извлечения в концентрат:

$$P_{\varepsilon_{\beta}}^2 = \left(\frac{\vartheta}{\alpha - \vartheta} \right)^2 \cdot [P_{\alpha}^2 + \gamma_{\beta}^2 P_{\beta}^2 + \gamma_{\vartheta}^2 P_{\vartheta}^2].$$

Случайная абсолютная погрешность извлечения в концентрат:

$$\Delta\varepsilon_{\beta} = \pm t \cdot S_{\varepsilon_{\beta}} = \pm 2S_{\varepsilon_{\beta}}.$$

Случайная относительная погрешность массы компонента в концентрате:

$$\begin{aligned}P_{K_{\beta}}^2 &= P_{M_{\alpha}}^2 + \left(\frac{W_{\alpha}}{1 - W_{\alpha}} \right)^2 \cdot P_{W_{\alpha}}^2 + P_{\gamma_{\beta}}^2 + P_{\beta}^2; \\ P_{K_{\beta}} &= \frac{2S_{K_{\beta}}}{K_{\beta}} \cdot 100 = \frac{\Delta K_{\beta}}{K_{\beta}} \cdot 100.\end{aligned}$$

Абсолютная случайная погрешность массы компонента в концентрате:

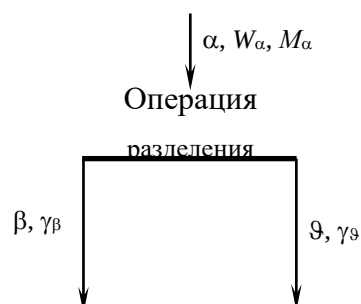
$$\Delta K_{\beta} = \frac{P_{K_{\beta}} \cdot K_{\beta}}{100}.$$

В итоге:

$$K_{\beta \text{ ист}} = K_{\beta \text{ изм}} \pm \Delta K_{\beta}.$$

Пример 9.1. Для операции обогащения найти выхода, извлечения и абсолютные показатели.

Дано: $\alpha = 2 \%$; $\beta = 18 \%$; $\vartheta = 0,15 \%$; $M_{\alpha} = 25000$ т/смену; $W_{\alpha} = 4 \%$.



Решение:

1. Масса компонента в руде:

$$K_{\alpha} = M_{\alpha} \cdot (1 - W_{\alpha}) \cdot \alpha = 25000 \text{ т} \cdot (1 - 0,04) \cdot 0,02 = 480 \text{ т}.$$

2. Выход концентрата, если $\gamma_{\alpha} = 1$:

$$\gamma_{\beta} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} = \frac{2 - 0,15}{18 - 0,15} = 0,104 \text{ д. е.}$$

3. Выход хвостов:

$$\gamma_{\vartheta} = 1 - \gamma_{\beta} = 1 - 0,104 = 0,896 \text{ д. е.}$$

4. Извлечение в концентрат:

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\gamma_{\beta} \cdot \beta}{\alpha} = \frac{0,104 \cdot 18 \%}{2 \%} = 0,936 \text{ д. е.}$$

5. Извлечение в хвосты:

$$\varepsilon_{\vartheta} = 1 - \varepsilon_{\beta} = 1 - 0,936 = 0,064 \text{ д. е.}$$

6. Масса концентрата и компонента в концентрате:

$$M_{\beta} = M_{\alpha_{\text{сyx}}} \cdot \gamma_{\beta} = M_{\alpha} \cdot (1 - W_{\alpha}) \cdot \gamma_{\beta} = 25000 \cdot (1 - 0,04) \cdot 0,104 = 2496 \text{ т};$$

$$K_{\beta} = M_{\beta} \cdot \beta = 2496 \text{ т} \cdot 0,18 = 449,28 \text{ т}.$$

7. Масса хвостов и компонента в хвостах:

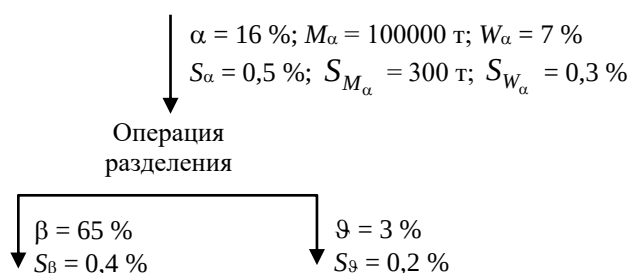
$$M_{\vartheta} = M_{\alpha_{\text{сyx}}} \cdot \gamma_{\vartheta} = 25000 \cdot (1 - 0,04) \cdot 0,896 = 21504 \text{ т};$$

$$K_{\vartheta} = M_{\vartheta} \cdot \vartheta = 21504 \cdot 0,0015 = 32,2 \text{ т}.$$

8. Извлечение в концентрат:

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{K_{\beta}}{K_{\alpha}} = \frac{449,28}{480} = 0,936.$$

Пример 9.2. Для операции обогащения найти выхода, извлечения, показатели и их погрешности.



Решение:

$$K_{\alpha} = M_{\alpha} \cdot (1 - W_{\alpha}) \cdot \alpha = 100000 \text{ т} \cdot (1 - 0,07) \cdot 0,16 = 14880 \text{ т};$$

$$\gamma_{\beta} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} = \frac{16 - 3}{65 - 3} = 0,2097 \text{ д. е.};$$

$$\gamma_{\vartheta} = 1 - \gamma_{\beta} = 0,7903 \text{ д. е.};$$

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{\gamma_{\beta} \cdot \beta}{\alpha} = \frac{0,2097 \cdot 65 \%}{16 \%} = 0,852 \text{ д. е.};$$

$$\varepsilon_{\vartheta} = 1 - \varepsilon_{\beta} = 0,148 \text{ д. е.};$$

$$K_{\beta} = M_{\alpha} \cdot (1 - W_{\alpha}) \cdot \gamma_{\beta} \cdot \beta = 100000 \cdot (1 - 0,07) \cdot 0,2097 \cdot 0,65 = 12676,0 \text{ т};$$

$$K_{\vartheta} = M_{\alpha} \cdot (1 - W_{\alpha}) \cdot \gamma_{\vartheta} \cdot \vartheta = 100000 \cdot (1 - 0,07) \cdot 0,7903 \cdot 0,03 = 2204,0 \text{ т};$$

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{K_{\beta}}{K_{\alpha}} = \frac{12676}{14880} = 0,852 \text{ д. е.}$$

Относительные случайные погрешности измерения:

$$P_{\alpha} = \frac{2S_{\alpha}}{\alpha} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,5}{16} \cdot 100 = 6,25 \%;$$

$$P_{\beta} = 1,23 \% \text{ и } P_{\vartheta} = 13,33 \%;$$

$$P_{M_{\alpha}} = \frac{2S_{M_{\alpha}}}{M_{\alpha}} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 300}{100000} \cdot 100 = 0,6 \%;$$

$$P_{W_{\alpha}} = \frac{2S_{W_{\alpha}}}{W_{\alpha}} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,3}{7} \cdot 100 = 8,57 \%.$$

Относительная случайная погрешность выхода концентрата:

$$P_{\gamma_{\beta}}^2 = \left(\frac{\alpha}{\alpha - \vartheta} \right)^2 \cdot [P_{\alpha}^2 + \varepsilon_{\beta}^2 P_{\beta}^2 + \varepsilon_{\vartheta}^2 P_{\vartheta}^2] =$$

$$= \left(\frac{16}{16 - 3} \right)^2 \cdot [6,25^2 + 0,852^2 \cdot 1,23^2 + 0,148^2 \cdot 13,33^2] = 66,74 \%^2;$$

$$P_{\gamma_{\beta}} = 8,17 \%;$$

$$S_{\gamma_{\beta}} = \frac{P_{\gamma_{\beta}} \cdot \gamma_{\beta}}{2 \cdot 100} = \frac{8,17 \cdot 0,2097}{2 \cdot 100} = 0,00857 \text{ д. е.}$$

Относительная случайная погрешность извлечения:

$$P_{\varepsilon_{\beta}}^2 = \left(\frac{\vartheta}{\alpha - \vartheta} \right)^2 \cdot [P_{\alpha}^2 + \gamma_{\beta}^2 P_{\beta}^2 + \gamma_{\vartheta}^2 P_{\vartheta}^2] =$$

$$= \left(\frac{3}{16 - 3} \right)^2 \cdot [6,25^2 + 0,2097^2 \cdot 1,23^2 + 0,7903^2 \cdot 13,33^2] = 7,99 \%^2;$$

$$P_{\varepsilon_{\beta}} = 2,83 \%;$$

$$S_{\varepsilon_{\beta}} = \frac{P_{\varepsilon_{\beta}} \cdot \varepsilon_{\beta}}{2 \cdot 100} = 0,012 \text{ д. е.};$$

$$\Delta \varepsilon_{\beta} = 2S_{\varepsilon_{\beta}} = 0,024 \text{ д. е.};$$

$$\varepsilon_{\beta \text{ ист}} = (0,852 \pm 0,024) \text{ д. е. или } (85,2 \pm 2,4) \%.$$

Относительная случайная погрешность массы ценного компонента в концентрате:

$$\begin{aligned}
P_{K_{\beta}}^2 &= P_{M_{\alpha}}^2 + \left(\frac{W_{\alpha}}{1 - W_{\alpha}} \right)^2 \cdot P_{W_{\alpha}}^2 + P_{\gamma_{\beta}}^2 + P_{\beta}^2 = \\
&= 0,6^2 + \left(\frac{0,07}{1 - 0,07} \right)^2 \cdot 8,57^2 + 66,74 + 1,23^2 = ; \\
&= 0,36 + 0,416 + 66,74 + 1,51 = 69,026 \%^2; \\
P_{K_{\beta}} &= 8,31 \% ; \\
\Delta K_{\beta} &= \frac{P_{K_{\beta}} \cdot K_{\beta}}{100} = \frac{8,31 \cdot 12676}{100} = 1053,4 \text{ т}; \\
K_{\beta \text{ изм}} &= K_{\beta \text{ ист}} \pm \Delta K_{\beta} = (12676 \pm 1053,4) \text{ т}.
\end{aligned}$$

Задание № 9

Найти показатели технологического баланса γ_{β} , γ_{ϑ} , ε_{β} , ε_{ϑ} , K_{β} , K_{ϑ} , $P_{\gamma_{\beta}}$ и $\Delta\gamma_{\beta}$, $P_{\varepsilon_{\beta}}$ и $\Delta\varepsilon_{\beta}$, ΔK_{β} .



№	M_{α} и $P_{M_{\alpha}}$	W_{α} и $P_{W_{\alpha}}$	α и P_{α}	β и P_{β}	ϑ и P_{ϑ}
а	800 т; 2 %	3 %; 4 %	2 %; 5 %	25 %; 2 %	0,3 %; 10 %
б	200000 т; 7 %	4 %; 3 %	1,5 г/т; 20 %	3000 г/т; 8 %	0,4 г/т; 30 %
в	300 т; 1 %	5 %; 2 %	0,4 кар/т; 10 %	100 %; 1 %	0,05 кар/т; 20 %
г	5000000 т; 4 %	7 %; 2,5 %	16 %; 3 %	65 %; 1 %	2 %; 5 %
д	4000 т; 3 %	2 %; 5 %	30 %; 2 %	95 %; 1,5 %	3 %; 6 %

10. Расчет невязки товарного баланса и товарного извлечения

Методические указания.

Формула невязки (конкретная для схемы только со складом концентрата):

$$\Delta_K = K_{\beta_{\text{тов}}} + K_{\vartheta} + K_{\text{СК кон}} - K_{\alpha} - K_{\text{СК нач}}.$$

Массы компонентов:

$$K_{\beta_{\text{тов}}} = M_{\beta_{\text{тов}}} (1 - W_{\beta_{\text{тов}}}) \cdot \beta_{\text{тов}};$$

$$\begin{aligned}
K_{\alpha} &= M_{\alpha}(1-W_{\alpha}) \cdot \alpha; \\
K_{\vartheta} &= M_{\alpha}(1-W_{\alpha}) \cdot \gamma_{\vartheta} \cdot \vartheta; \\
K_{\text{СК}} &= M_{\text{СК}}(1-W_{\text{СК}}) \cdot \beta_{\text{СК}}.
\end{aligned}$$

Относительная невязка:

$$\Delta_{\text{К отн}} = \frac{\Delta_{\text{К}}}{K_{\alpha}} \cdot 100, \%$$

Товарное извлечение (для этой же схемы):

$$\varepsilon_{\beta_{\text{ТОВ}}} = \frac{K_{\beta_{\text{ТОВ}}} - (K_{\text{СК нач}} - K_{\text{СК кон}})}{K_{\alpha}}.$$

Проверочное равенство:

$$\varepsilon_{\beta_{\text{ТОВ}}} = \varepsilon_{\beta_{\text{ТЕХ}}} + \Delta_{\text{К отн}}.$$

Допустимая случайная невязка (обусловленная случайными погрешностями опробования):

$$P_{\Delta_{\text{К доп}}}^2 = P_{K_{\alpha}}^2 + \varepsilon_{\beta_{\text{ТОВ}}}^2 \cdot P_{K_{\beta_{\text{ТОВ}}}}^2 + \varepsilon_{\vartheta}^2 \cdot P_{K_{\vartheta}}^2 + 2r_{\text{СК}}^2 \cdot P_{K_{\text{СК}}}^2;$$

$$P_{K_{\alpha}}^2 = P_{M_{\alpha}}^2 + \left(\frac{W_{\alpha}}{1-W_{\alpha}} \right)^2 \cdot P_{W_{\alpha}}^2 + P_{\alpha}^2;$$

$$P_{K_{\beta_{\text{ТОВ}}}}^2 = P_{M_{\beta_{\text{ТОВ}}}}^2 + \left(\frac{W_{\beta_{\text{ТОВ}}}}{1-W_{\beta_{\text{ТОВ}}}} \right)^2 \cdot P_{W_{\beta_{\text{ТОВ}}}}^2 + P_{\beta_{\text{ТОВ}}}^2;$$

$$P_{K_{\vartheta}}^2 = P_{M_{\alpha}}^2 + \left(\frac{W_{\alpha}}{1-W_{\alpha}} \right)^2 \cdot P_{W_{\alpha}}^2 + P_{\gamma_{\vartheta}}^2 + P_{\vartheta}^2;$$

$$P_{\gamma_{\vartheta}}^2 = \left(\frac{\alpha}{\beta - \alpha} \right)^2 \cdot [P_{\alpha}^2 + \varepsilon_{\beta}^2 \cdot P_{\beta}^2 + \varepsilon_{\vartheta}^2 \cdot P_{\vartheta}^2];$$

$$\varepsilon_{\beta} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha};$$

$$\varepsilon_{\vartheta} = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\vartheta}{\alpha};$$

$$P_{K_{\text{СК}}}^2 = P_{M_{\text{СК}}}^2 + \left(\frac{W_{\text{СК}}}{1-W_{\text{СК}}} \right)^2 \cdot P_{W_{\text{СК}}}^2 + P_{\beta_{\text{СК}}}^2;$$

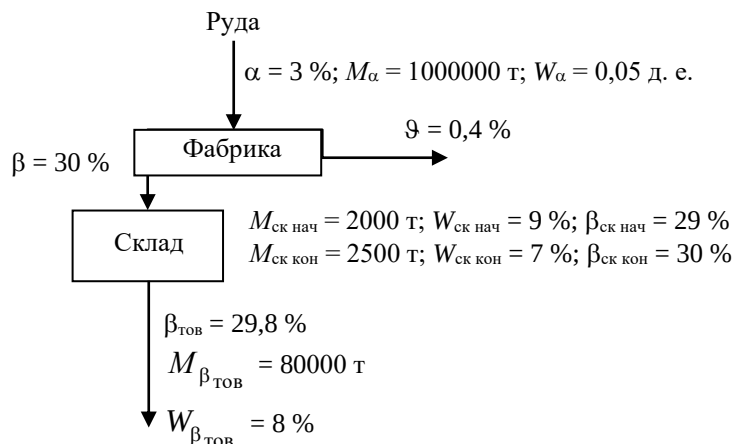
$$r_{\text{СК}} = \frac{\bar{K}_{\text{СК}}}{K_{\alpha}};$$

$$\bar{K}_{\text{СК}} = \frac{K_{\text{СК кон}} + K_{\text{СК нач}}}{2}.$$

Окончательно допустимая относительная случайная невязка:

$$\Delta_{\text{К отн доп}} = P_{\Delta_{\text{К доп}}}.$$

Пример 10.1. Найти невязку товарного баланса для фабрики. Необходимые для расчета данные указаны на рисунке. Массы указаны накопленные за месяц, массовые доли – средневзвешенные.



Решение:

Формула невязки:

$$\Delta_K = K_{\beta_{\text{тов}}} + K_\gamma + K_{\text{ск кон}} - K_\alpha - K_{\text{ск нач}}.$$

Найдем отдельные слагаемые.

Масса металла в отгруженном (товарном) концентрате:

$$K_{\beta_{\text{тов}}} = M_{\beta_{\text{тов}}} \cdot (1 - W_{\beta_{\text{тов}}}) \cdot \beta_{\text{тов}} = 80000 \cdot (1 - 0,08) \cdot 0,298 = 21932,8 \text{ т.}$$

Масса металла в руде:

$$K_\alpha = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \alpha = 1000000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 0,03 = 28500 \text{ т.}$$

Выход хвостов:

$$\gamma_\gamma = \frac{\beta - \alpha}{\beta - \gamma} = \frac{30 - 3}{30 - 0,4} = 0,912.$$

Масса металла в хвостах:

$$K_\gamma = M_\alpha \cdot (1 - W_\alpha) \cdot \gamma_\gamma \cdot \gamma = 1000000 \cdot (1 - 0,05) \cdot 0,912 \cdot 0,004 = 3465,6 \text{ т.}$$

Масса металла на складе в начале месяца:

$$K_{\text{ск нач}} = M_{\text{ск нач}} \cdot (1 - W_{\text{ск нач}}) \cdot \beta_{\text{ск нач}} = 2000 \cdot (1 - 0,09) \cdot 0,29 = 527,8 \text{ т.}$$

Масса металла на складе в конце месяца:

$$K_{\text{ск кон}} = M_{\text{ск кон}} \cdot (1 - W_{\text{ск кон}}) \cdot \beta_{\text{ск кон}} = 2500 \cdot (1 - 0,07) \cdot 0,30 = 697,5 \text{ т.}$$

Невязка:

$$\Delta_K = 21932,8 + 3465,6 + 697,5 - 28500 - 527,8 = -2931,9 \text{ т.}$$

Относительная невязка:

$$\Delta_{K_{\text{отн}}} = \frac{\Delta_K}{K_\alpha} \cdot 100 = \frac{-2931,9}{28500} \cdot 100 = -10,29 \text{ \%}.$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} &= \frac{K_{\beta_{\text{тов}}} - (K_{\text{СК нач}} - K_{\text{СК кон}})}{K_\alpha} = \\ &= \frac{21932,8 - (527,8 - 697,5)}{28500} = 0,775 \text{ д. е.}; \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{\beta_{\text{тех}}} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{3 - 0,4}{30 - 0,4} \cdot \frac{30}{3} = 0,878 \text{ д. е.}$$

Проверка:

$$\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} = \varepsilon_{\beta_{\text{тех}}} + \Delta_{K_{\text{отн}}} = 0,878 - 0,1029 = 0,775 \text{ д. е.}$$

Пример 10.2. Найти допустимую относительную случайную невязку товарного баланса для фабрики по примеру 11.1, если известны погрешности измерения и опробования.

Дано: $P_\alpha = 4 \text{ \%}$; $P_{M_\alpha} = 1 \text{ \%}$; $P_{W_\alpha} = 7 \text{ \%}$; $P_\beta = 2 \text{ \%}$; $P_\vartheta = 10 \text{ \%}$;

$P_{M_{\text{СК}}} = 5 \text{ \%}$; $P_{W_{\text{СК}}} = 8 \text{ \%}$; $P_{\beta_{\text{СК}}} = 2 \text{ \%}$; $P_{\beta_{\text{тов}}} = 1,5 \text{ \%}$;

$P_{M_{\beta_{\text{тов}}}} = 0,5 \text{ \%}$; $P_{W_{\beta_{\text{тов}}}} = 4 \text{ \%}$.

Решение:

$$P_{K_\alpha}^2 = P_{M_\alpha}^2 + \left(\frac{W_\alpha}{1 - W_\alpha} \right)^2 \cdot P_{W_\alpha}^2 + P_\alpha^2 = 1^2 + \left(\frac{0,05}{1 - 0,05} \right)^2 \cdot 7^2 + 4^2 = 17,13 \text{ \%}^2;$$

$$\varepsilon_\beta = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} \cdot \frac{\beta}{\alpha} = \frac{3 - 0,4}{30 - 0,4} \cdot \frac{30}{3} = 0,878 \text{ д. е.};$$

$$\varepsilon_\vartheta = 1 - \varepsilon_\beta = 0,122 \text{ д. е.};$$

$$r_{\text{СК}} = \frac{\bar{K}_{\text{СК}}}{K_\alpha} = \frac{\frac{527,8 + 697,5}{2}}{28500} = 0,021 \text{ д. е.};$$

$$P_{K_{\beta_{\text{тов}}}}^2 = P_{M_{\beta_{\text{тов}}}}^2 + \left(\frac{W_{\beta_{\text{тов}}}}{1 - W_{\beta_{\text{тов}}}} \right)^2 \cdot P_{W_{\beta_{\text{тов}}}}^2 + P_{\beta_{\text{тов}}}^2 = 0,5^2 + \left(\frac{0,08}{1 - 0,08} \right)^2 \cdot 4^2 + 1,5^2 = 2,62 \text{ \%}^2;$$

$$\begin{aligned} P_{K_\vartheta}^2 &= P_{M_\alpha}^2 + \left(\frac{W_\alpha}{1 - W_\alpha} \right)^2 \cdot P_{W_\alpha}^2 + P_{\gamma_\vartheta}^2 + P_\vartheta^2 = \\ &= 1^2 + \left(\frac{0,05}{1 - 0,05} \right)^2 \cdot 7^2 + 0,5^2 + 10^2 = 101,38 \text{ \%}^2; \end{aligned}$$

$$P_{\gamma_9}^2 = \left(\frac{\alpha}{\beta - \alpha} \right)^2 \cdot [P_\alpha^2 + \varepsilon_\beta^2 \cdot P_\beta^2 + \varepsilon_9^2 \cdot P_9^2] =$$

$$= \left(\frac{3}{30 - 3} \right)^2 \cdot [4^2 + 0,878^2 \cdot 2^2 + 0,122^2 \cdot 10^2] = 0,0123 \cdot [16 + 3,083 + 1,49] = 0,253 \%^2;$$

$$P_{\gamma_9} = 0,5 \%;$$

$$P_{K_{\text{ск}}}^2 = P_{M_{\text{ск}}}^2 + \left(\frac{W_{\text{ск}}}{1 - W_{\text{ск}}} \right)^2 \cdot P_{W_{\text{ск}}}^2 + P_{\beta_{\text{ск}}}^2 = 5^2 + \left(\frac{0,08}{1 - 0,08} \right)^2 \cdot 8^2 + 2^2 = 29,48 \%^2;$$

$$P_{\Delta_{\text{к доп}}}^2 = P_{K_\alpha}^2 + \varepsilon_{\beta_{\text{тов}}}^2 \cdot P_{K_{\beta_{\text{тов}}}}^2 + \varepsilon_9^2 \cdot P_{K_9}^2 + 2r_{\text{ск}}^2 \cdot P_{K_{\text{ск}}}^2 =$$

$$= 17,13 + 0,775^2 \cdot 2,62 + 0,122^2 \cdot 101,38 + 2 \cdot 0,021^2 \cdot 29,48 = ;$$

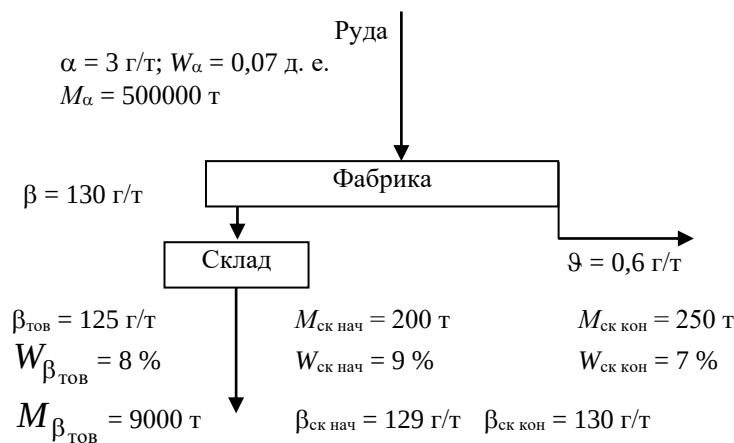
$$= 17,13 + 1,57 + 1,51 + 0,03 = 20,24 \%^2;$$

$$P_{\Delta_{\text{к доп}}} = 4,50 \%.$$

Задание № 10

Найти: $\Delta_{\text{к отн}}$, $\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}}$, $\Delta_{\text{к отн доп}}$ и сделать выводы:

- по технологии;
- по опробованию.



$$P_\alpha = 6 \%; \quad P_{M_\alpha} = 1 \%; \quad P_{W_\alpha} = 9 \%;$$

$$P_\beta = 3 \%; \quad P_9 = 20 \%; \quad P_{\beta_{\text{тов}}} = 2 \%; \quad P_{M_{\beta_{\text{тов}}}} = 0,5 \%; \quad P_{W_{\beta_{\text{тов}}}} = 5 \%;$$

$$P_{M_{\text{ск}}} = 8 \%; \quad P_{W_{\text{ск}}} = 5 \%; \quad P_{\beta_{\text{ск}}} = 4 \%$$

(погрешности $P_{K_{\text{ск}}}$ и $r_{\text{ск}}$ рассчитываются для средних за месяц значений).

11. Расчет вероятной систематической и методической погрешности невязки

Методические указания.

Изменение массовой доли за счет пропуска «всплеска» при опробовании:

$$\Delta\alpha_{\text{ВСП}} = \frac{\overline{\Delta\alpha_{\text{в}}} \cdot \Delta t_{\alpha} \cdot n_{\alpha}}{T} = -\overline{\Delta\alpha_{\text{в}}} \cdot P_{\text{в}\alpha};$$

$$\Delta\vartheta_{\text{ВСП}} = \frac{\overline{\Delta\vartheta_{\text{в}}} \cdot \Delta t_{\vartheta} \cdot n_{\vartheta}}{T} = -\overline{\Delta\vartheta_{\text{в}}} \cdot P_{\text{в}\vartheta}.$$

Для богатого продукта:

$$\Delta\beta_{\text{ВСП}} = \frac{\overline{\Delta\beta_{\text{в}}} \cdot \Delta t_{\beta} \cdot n_{\beta}}{T} = +\overline{\Delta\beta_{\text{в}}} \cdot P_{\text{в}\beta}.$$

Здесь $\overline{\Delta\alpha_{\text{в}}}$, $\overline{\Delta\vartheta_{\text{в}}}$, $\overline{\Delta\beta_{\text{в}}}$ – средняя амплитуда всплесков за контрольный период;

n_{α} , n_{ϑ} , n_{β} – число пропущенных при отборе проб всплесков за контрольный период;

Δt_{α} , Δt_{ϑ} , Δt_{β} – средняя продолжительность пропущенных всплесков за контрольный период;

T – контрольный период;

$P_{\text{в}\alpha}$, $P_{\text{в}\vartheta}$, $P_{\text{в}\beta}$ – доля продолжительности пропущенных всплесков в контрольном периоде.

Отклонение относительной невязки за счет вероятной систематической погрешности:

$$\Delta_{\text{ВСП}}^{\text{отн}} = \left(\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} \cdot \frac{\Delta\beta_{\text{ВСП}}}{\beta_{\text{тов}}} + \varepsilon_{\vartheta} \cdot \frac{\Delta\vartheta_{\text{ВСП}}}{\vartheta} - \frac{\Delta\alpha_{\text{ВСП}}}{\alpha} \right) \cdot 100, \%$$

В формулу $\Delta_{\text{ВСП}}^{\text{отн}}$ подставлять изменения массовой доли с учетом их знака.

Изменение массовой доли за счет методической погрешности при расчете анализов по медиане:

$$\Delta\alpha_{\text{мет}} = -P_{\alpha_{\text{от}}} \cdot (\bar{\alpha}_{\text{max}} + \bar{\alpha}_{\text{min}} - 2\bar{\alpha});$$

$$\Delta\vartheta_{\text{мет}} = -P_{\vartheta_{\text{от}}} \cdot (\bar{\vartheta}_{\text{max}} + \bar{\vartheta}_{\text{min}} - 2\bar{\vartheta});$$

$$\Delta\beta_{\text{мет}} = +P_{\beta_{\text{от}}} \cdot (\bar{\beta}_{\text{max}} + \bar{\beta}_{\text{min}} - 2\bar{\beta}).$$

Здесь $P_{\alpha_{\text{от}}}$, $P_{\vartheta_{\text{от}}}$, $P_{\beta_{\text{от}}}$ – доля отбрасываемых при анализе результатов за контрольный период;

$\bar{\alpha}_{\text{max}}$, $\bar{\alpha}_{\text{min}}$, $\bar{\vartheta}_{\text{max}}$, $\bar{\vartheta}_{\text{min}}$, $\bar{\beta}_{\text{max}}$, $\bar{\beta}_{\text{min}}$ – средние значения максимальных и минимальных отбрасываемых массовых долей компонентов в руде, хвостах и концентрате за контрольный период.

$$P_{\alpha_{\text{мет}}} = \frac{\Delta\alpha_{\text{мет}}}{\alpha} \cdot 100, \%$$

$$P_{\vartheta_{\text{мет}}} = \frac{\Delta \vartheta_{\text{мет}}}{\vartheta} \cdot 100, \%;$$

$$P_{\beta_{\text{мет}}} = \frac{\Delta \beta_{\text{мет}}}{\beta} \cdot 100, \%.$$

Отклонение относительной невязки за счет методической погрешности:

$$\Delta_{\text{мет отн}} = (\varepsilon_{\beta_{\text{тов}}} \cdot P_{\beta_{\text{мет}}} + \varepsilon_{\vartheta} \cdot P_{\vartheta_{\text{мет}}} - P_{\alpha_{\text{мет}}}).$$

Подставлять $P_{\text{мет}}$ следует с учетом их знака.

Общее смещение невязки:

$$\Delta_{\text{см отн}} = \Delta_{\text{ВСП отн}} + \Delta_{\text{мет отн}}.$$

Пример 11.1. Найти относительную вероятную систематическую погрешность невязки, если известны:

	$\bar{\alpha}$	$\overline{\Delta \alpha_{\text{в}}}$	Δt_{α}	n_{α}	T	ε
Руда	1 г/т	3 г/т	5 мин	8	480 мин	100 %
Концентрат	80 г/т	40 г/т	20 мин	3	480 мин	90,11 %
Хвосты	0,1 г/т	0,8 г/т	10 мин	5	480 мин	9,89 %

Решение:

Так как все продукты бедные, то при пропуске всплесков они будут занижены.

$$\Delta \alpha_{\text{ВСП}} = -\frac{3 \cdot 5 \cdot 8}{480} = -0,25 \text{ г/т или } 8,3 \%;$$

$$\Delta \beta_{\text{ВСП}} = -\frac{40 \cdot 20 \cdot 3}{480} = -5 \text{ г/т или } 12,5 \%;$$

$$\Delta \vartheta_{\text{ВСП}} = -\frac{0,8 \cdot 10 \cdot 5}{480} = -0,083 \text{ г/т или } 10,4 \%;$$

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{кВСП отн}} &= \left(0,9011 \cdot \frac{-5}{80} + 0,0989 \cdot \frac{-0,083}{0,1} - \frac{-0,25}{1} \right) \cdot 100 = \\ &= (-0,0563 - 0,0821 + 0,25) \cdot 100 = +11,16 \%. \end{aligned}$$

Пример 11.2. Найти относительную методическую погрешность невязки, если известны:

	$\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_{\text{max}}$	$\bar{\alpha}_{\text{min}}$	$P_{\text{бр}}$	ε
Руда	1 г/т	3 г/т	0,7 г/т	15 %	100 %
Концентрат	80 г/т	—	—	0	90,11 %
Хвосты	0,1 г/т	0,3 г/т	0,05 г/т	50 %	9,89 %

Решение:

Так как все продукты бедные, то браковка анализов приведет к занижению массовых долей.

$$\Delta\alpha_{\text{мет}} = -0,15 \cdot (3 + 0,7 - 2 \cdot 1) = -0,255 \text{ г/т};$$

$$\Delta\beta_{\text{мет}} = 0;$$

$$\Delta\vartheta_{\text{мет}} = -0,5 \cdot (0,3 + 0,05 - 2 \cdot 0,1) = -0,075 \text{ г/т}.$$

Методическая погрешность невязки:

$$\Delta_{\text{мет отн}} = \left(0,9011 \cdot \frac{0}{80} + 0,0989 \cdot \frac{-0,075}{0,1} - \frac{-0,255}{1} \right) \cdot 100 = +18,08 \text{ \%}.$$

Общее смещение относительной невязки за счет обеих погрешностей по примерам 12.1 и 12.2:

$$\Delta_{\text{см отн}} = \Delta_{\text{ВСП отн}} + \Delta_{\text{мет отн}} = 11,16 + 18,08 = +29,24 \text{ \%}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Козин В. З. Опробование минерального сырья на обогатительных фабриках. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 208 с.
2. Козин В. З. Опробование минерального сырья. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 315 с.

Учебное издание

Владимир Зиновьевич Козин

ОПРОБОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Методические указания, примеры решения и задачи
по дисциплине «Опробование минерального сырья»
для студентов всех форм обучения
специализации "Обогащение полезных ископаемых"
направления 21.05.04 – "Горное дело"

Второе издание, исправленное, дополненное

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 25.03.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,5. Тираж 100 экз. Заказ № 12

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники.



**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»**

С. Г. Комлев, А. В. Колтунов

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

*Учебно-методическое пособие
по выполнению и оформлению лабораторных работ
по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения*

Екатеринбург – 2018

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета

«___» _____ 2018 г.

Председатель комиссии

_____ проф. В. П. Барановский

С. Г. Комлев, А. В. Колтунов

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению и оформлению лабораторных работ
по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

К 63

Рецензент: *А. Е. Пелевин*, профессор кафедры
обогащения полезных ископаемых, доктор технических наук.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «28» июня 2018 г. (протокол № 9) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Комлев С. Г., Колтунов А. В.

К 63 Дробление, измельчение, грохочение: учебно-методическое пособие по выполнению и оформлению лабораторных работ по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения / С. Г. Комлев, А. В. Колтунов Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 35 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Дробление, **измельчение, грохочение**».

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления подготовки 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Комлев С. Г., 2018
© Колтунов А. В., 2018
© Уральский
государственный
горный университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ ЧАСТЬ	4
<i>Порядок выполнения работ</i>	<i>4</i>
<i>Требования к отчёту по лабораторным работам.....</i>	<i>6</i>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ДРОБЛЕНИЕ В ДРОБИЛКЕ С ПРОСТЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ.....	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДРОБЛЕНИЯ В ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛКАХ	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ДРОБЛЕНИЕ В ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ...	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 РАБОТА САМОЦЕНТРИРУЮЩЕГОСЯ ГРОХОТА.....	19
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРОДУКТА.....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ПРОВЕДЕНИЕ СУХОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ПРОВЕДЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА	25
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ В БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЕ	27
МЕТОДИКИ.....	31
<i>Усреднение проб</i>	<i>31</i>
<i>Отбор навесок для ситового анализа</i>	<i>34</i>
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	35

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Целью лабораторных работ является закрепление теоретического материала, изучение устройства основного оборудования по уменьшению крупности материалов, получение навыков постановки эксперимента, приобретение опыта обработки и анализа экспериментальных результатов, развитие умения оформлять отчёт и защищать полученные результаты.

Цикл лабораторных работ по «Дроблению...» представляет собой исследовательскую работу, которая выполняется на **одной** пробе. Гранулометрический состав исходного материала задается, как правило, преподавателем или корректируется по его указаниям. Исследования разбиваются на этапы, оформляемые как отдельные лабораторные работы (рисунок 1). В настоящей разработке описаны операции, которые являются общими практически для каждой лабораторной работы.

Порядок выполнения работ

1) Каждая работа (этап) выполняется бригадой студентов (как минимум, два человека);

2) бригада ведёт **рабочий журнал**. В то же время каждый студент имеет возможность вести собственную тетрадь. По окончании каждого занятия и лабораторной работы журнал подписывается преподавателем и является основой для составления отчёта. При необходимости бригада (в полном составе) может выполнить часть работы в свободное время в присутствии преподавателя;

3) в начале занятия каждая бригада предъявляет преподавателю рабочий журнал со всеми расчётами по предыдущей работе, **и только после этого** допускается к следующей работе;

4) студенты перед началом работы должны ознакомиться с методическими указаниями по предстоящей работе. В начале занятия преподаватель дополнительно объясняет суть работы;

5) по результатам выполненных лабораторных работ каждый студент составляет индивидуальный отчёт в соответствии с требованиями и защищает его в индивидуальном порядке;

6) рекомендуется оформлять разделы отчёта по отдельным лабораторным работам по мере их выполнения и предъявлять преподавателю для проверки и корректировки.

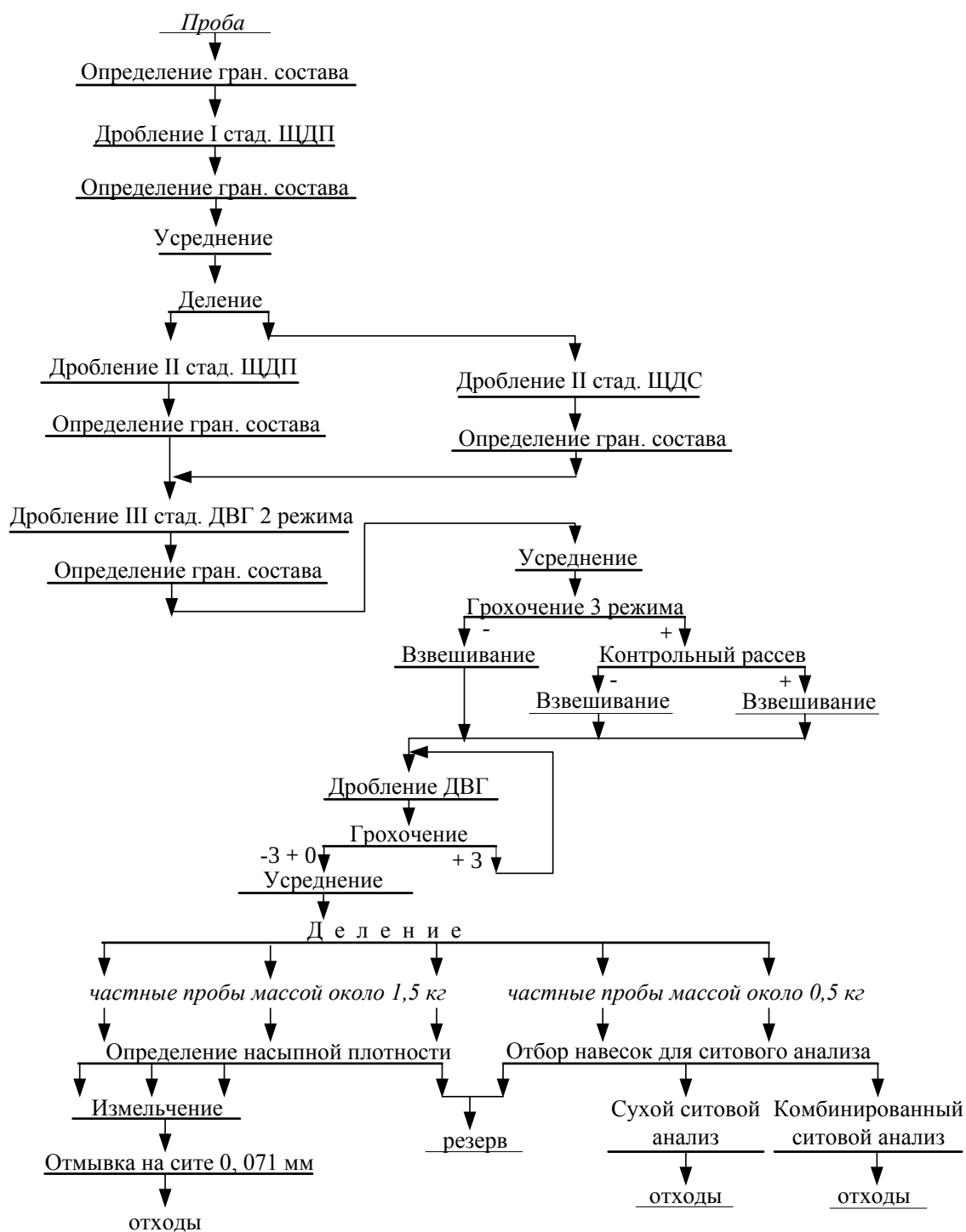


Рисунок 1 – Схема проведения лабораторных работ (исследований)

Методики усреднения, деления и отбора проб материала, проведения ситовых анализов приведены в п. *Усреднение проб*.

7) любые пробы, навески (как в пакетах, так и в чашках) должны быть с этикетками (или надписями на пакетах) по форме:

Наименование продукта _____
Дата _____
Группа ОПИ- _____
Фамилия бригадира _____

Замечание: в процессе работы преподаватель может выявить какую-либо ошибку в проведении опыта или резкое несоответствие опытных результатов ожидаемым. В этом случае работа или её часть переделываются.

Требования к отчёту по лабораторным работам

Отчёт по лабораторным работам оформляется на листах формата А4 (297х210 мм). Номер листа указывается внизу страницы по центру, начиная с третьего.

Исполнение титульного листа приведено на рисунке 2.

Структура отчёта по лабораторной работе:

- 1) наименование;
- 2) цель работы;
- 3) методика проведения экспериментов;
- 4) результаты экспериментов и расчётов;
- 5) эскизы используемого оборудования с детализацией основных узлов;
- 6) выводы.

Отчёт следует выполнять в машинописном виде, например в редакторе MS Word. Текст выполняется на русском языке, без грамматических и орфографических ошибок. При оформлении в редакторе MS Word текст рекомендуется выполнять со следующими характеристиками:

- поля: левое – 25 мм, правое 15 – мм, верхнее и нижнее – 20 мм;
- гарнитура Times New Roman; кегль 14;
- междустрочный интервал: 1,15 (1,25);
- выравнивание текста по ширине, без переносов.

Каждый новый абзац начинается с отступа 1,25 см.



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»

ОТЧЁТ
по лабораторным работам
по дисциплине
«Дробление, измельчение, грохочение»

Выполнил
студент группы ОПИ-.... _____ И. О. Фамилия
Проверил
доц. _____ С. Г. Комлев

Екатеринбург – 2018

Рисунок 2 – Пример выполнения титульного листа

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться без абзацного отступа со слова «где», двоеточие после него не ставится.

В формулах латинские буквы выполняются курсивом; греческие – обычным шрифтом. Нижний и верхний индексы – без пробела между ним и основной величиной. В индексах латинские буквы – курсивом; русские, греческие буквы и римские цифры – обычным шрифтом.

Текст по каждой лабораторной работе должен начинаться с новой страницы. Названия лабораторных работ выполняют прописными буквами, выделение жирным шрифтом. Допускается выравнивание по центру.

Между заголовком лабораторной работы и началом основного текста вводится пустая строка (12 пт). Точки в конце заголовков не ставятся.

В документе следует применять стандартизированные единицы физических величин (в системе СИ). Наряду с единицами СИ при необходимости в скобках указывают единицы ранее применявшихся систем, разрешенных к применению. Например: «...1,5 т/м³ (1,5 г/см³)...». Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

Если в документе приводится ряд числовых значений, выраженных в одной и той же физической величине, то ее указывают после последнего числового значения: «...1,5; 1,7; 22,3 мм».

Недопустимо, чтобы числовое значение находилось на одной строке, а обозначение единицы физической величины этого числового значения – на другой.

Если в отчёте используется материал из какой-либо книги, отчета и т. д., обязательно делается ссылка на источник в виде порядкового номера по списку использованных источников. Причем номер источника выделяется двумя косыми чертами либо квадратными скобками. Например, «...Как показано у Сидорова В. А. /10/, влияние на производительность...», «...По результатам опробования [6]...». Для

всего документа следует избрать либо косые, либо скобки, использование того и другого одновременно недопустимо.

Список использованных источников следует приводить в конце отчёта. При заполнении списка рекомендуется алфавитный порядок источников, хотя допускается и заполнение списка в порядке упоминания.

Иллюстративный материал (схемы, рисунки, таблицы) располагаются в тексте сразу же после первого упоминания их или на ближайшей странице.

Наименование схемы, рисунка делается под рисунком и располагается симметрично относительно поля рисунка. Под наименованием рисунка после двоеточия помещают расшифровку обозначений и поясняющие записи.

Таблицы следует располагать в тексте сразу же после первого упоминания их или на следующей странице. В тексте слово «таблица» пишется полностью с указанием порядкового номера. Заголовок таблицы выполняется без абзацного отступа с выравниванием «по ширине». Точка в конце заголовка не ставится. Между основным текстом, заголовком таблицы и самой таблицей – пустая строка. Размер шрифта в таблице должен быть меньше размера основного текста (например, основной текст – 14, в таблице – 13 (12) и меньше).

При переносе таблицы на следующую страницу пишется «Продолжение таблицы» и полностью переносится шапка. Если таблица заканчивается, пишется «Окончание таблицы» и также переносится шапка. Заголовки граф таблицы начинают с прописных букв.

Любые надписи, отметки и т. п. в документе отчёта карандашом недопустимы. Исключение: на графиках кривые зависимостей могут быть разного цвета.

Эскизы оборудования выполняются в карандаше и помещаются на отдельной странице отчёта. Нельзя помещать в отчёт ксерокопии эскизов.

Стиль изложения:

а) в отчётах необходимо приводить описание законченного действия, а не переписывать методические указания;

б) текст составляется от третьего лица, например: «...руда дробится, рассеивается...» или «...руда подвергается дроблению, рассеиву...», **вместо** «мы раздробили...», «мы рассеяли...»;

в) язык текста должен быть ёмким и кратким.

В обобщающем отчёте допускается последовательная нумерация таблиц и рисунков. На все таблицы и рисунки в тексте должны быть ссылки. Например: «...подобная зависимость приведена В. З. Козиным в книге [...]», «...устройство дробилки (рисунок...)...», «...по данным таблицы ..., представленная на рисунке ... зависимость ...». **Оформление таблиц и рисунков осуществляется аналогично оформлению таковых в настоящих методических указаниях.**

Описание расчётов, производимых в работе, включает общую формулу и пример расчёта с использованием этой формулы. Например, «эффективность грохочения E определена по формуле, %

$$E = 10^4 (\alpha - \vartheta) / \alpha (100 - \vartheta),$$

где α –; ϑ –

$$E = 10^4 (30 - 10) / 30 (100 - 10) = 74,07 \text{ \%}.$$

К результатам опытов относятся и графические зависимости. Поле графика желательно выполнять квадратным либо прямоугольным. Градуировка осей должна быть равномерной (с постоянным шагом). На график должна быть нанесена масштабная сетка. Толщину линий следует принимать: линии сетки 0,75 пт; линии осей графика – 2 пт; линии зависимостей – 2,25-2,5 пт.

Экспериментальные точки выделяются на поле рисунка маркерами. Различные зависимости, изображаемые на одном графике, следует обозначать арабскими или римскими цифрами, либо кратко подписывать, например $\beta^{-0,071}$ и $\beta^{-0,045}$.

При наличии на осях числовых данных, направление осей (стрелками) не указывается. Каждая ось должна быть подписана. Поясняющие надписи (например, при наличии нескольких зависимостей на одном графике или при детализировании оборудования) размещаются ниже наименования рисунка.

Анализ полученных зависимостей сводится в основном к сопоставлению экспериментального материала и теоретического или ожидаемого. Следует отметить возможные причины расхождений.

Выводы делаются по каждой лабораторной работе, в конце отчёта составляются общие выводы.

Рекомендуется следующая схема выводов:

1) фиксирование значений параметров и соответствующих им функций на границах диапазона экспериментирования;

2) описание полученных зависимостей (характер зависимости, вид кривой, наличие или отсутствие экстремальных точек);

3) отметка соответствия или несоответствия полученных зависимостей ожидаемым или теоретическим, а также реальные и возможные причины погрешностей в опытах;

Пример выводов по лабораторной работе:

1. Выход расчётного класса $-0,071+0$ мм составил 30 % при продолжительности измельчения 5 минут и 40 % – при продолжительности 20 минут.

2. Полученная зависимость соответствует предполагавшейся при данной продолжительности измельчения.

Общие выводы обобщают частные выводы по лабораторным работам, структура их подобна приведенной выше. В общих выводах привести сравнение (если таковое возможно) результатов работы оборудования разных типов, изменения характеристик продуктов по стадиям дробления и измельчения, различных способов анализа и подготовки продуктов к опытам и анализам.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ДРОБЛЕНИЕ В ДРОБИЛКЕ С ПРОСТЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ

Цель:

- изучить конструкцию и принцип работы дробилки;
- освоить способы регулирования работы дробилки;
- освоить методику проведения ситового анализа;
- научиться определять технологические параметры и параметры механического режима;
- получить навыки анализа полученных данных.

Необходимые материалы и оборудование:

- проба массой 10-11 кг крупностью менее 100 мм;
- щековая дробилка с простым движением щеки;
- секундомер;
- тахометр;
- линейка;
- весы;
- набор ручных сит.

Ход работы:

1. Изучить конструкцию дробилки (выполняя индивидуально эскизирование). Определить основные конструктивные и механические параметры.
2. Выполнить ситовой анализ исходной руды (п. *Усреднение проб*).
3. Параллельно с ситовым анализом выбрать из самого крупного класса три наибольших куска и произвести их обмер в ортогональных направлениях.
4. Пропустить пробу через дробилку. При этом зафиксировать продолжительность цикла дробления.
5. Произвести ситовый анализ дроблёного продукта.
6. Для трёх наиболее крупных кусков определить размеры в ортогональных направлениях.
7. Произвести необходимые расчёты по результатам работ.
8. Подписать у преподавателя индивидуальные эскизы оборудования, рабочие записи и результаты черновых расчётов.
9. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

Результаты обмера кусков и ситовых анализов представляются таблицами (см. таблицы 9, 10 п. *Усреднение проб*) и тремя рисунками. Пример выполнения двух из рисунков дан на рисунках 3, 4.

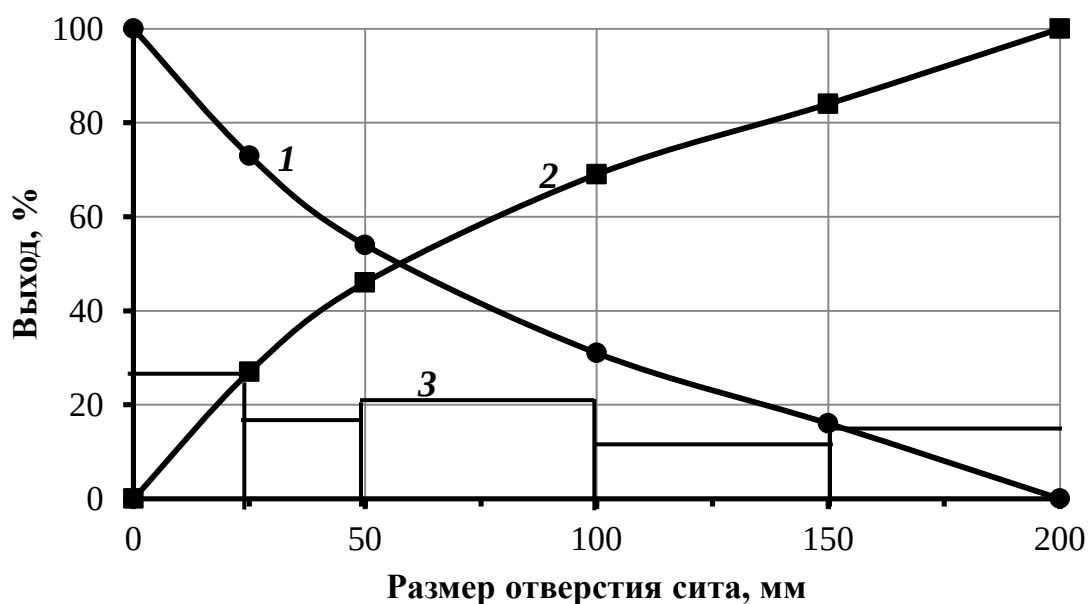


Рисунок 3 – Гранулометрическая характеристика исходного материала:

1 – кривая суммарного выхода по плюсу, 2 – кривая суммарного выхода по минусу, 3 – частные выходы

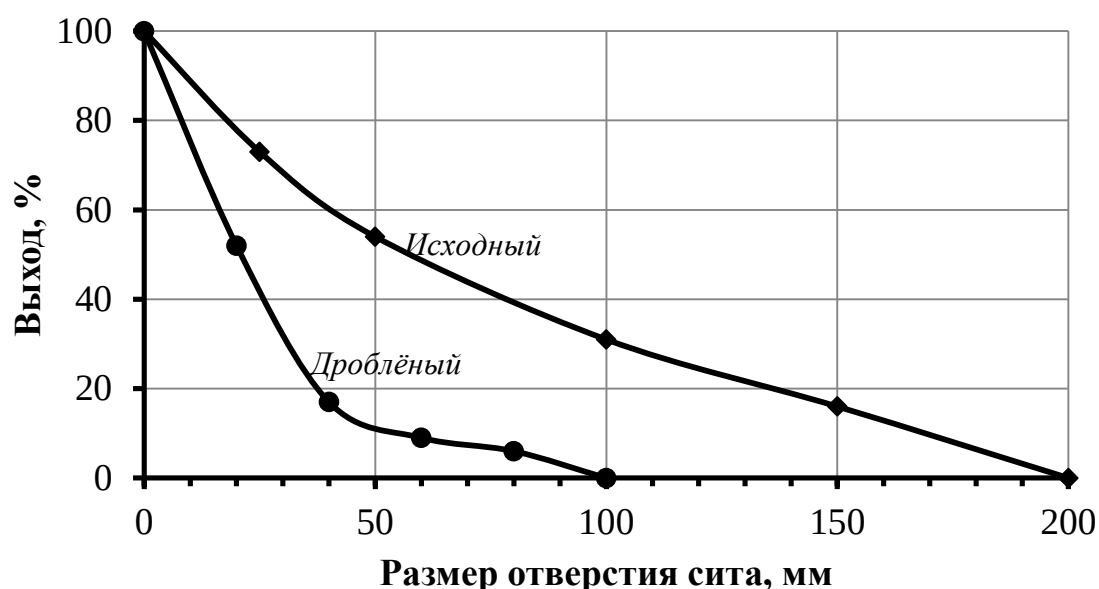


Рисунок 4 – Гранулометрические характеристики по «плюсу» исходного и дроблёного материала

Первый рисунок – гранулометрическая характеристика исходного материала в виде кривых суммарного выхода по «плюсу» (1) и по «минусу» (2), гистограмма (столбиковая диаграмма) частных выходов (3). Второй – характеристика дроблёного продукта, по содержанию этот рисунок аналогичен первому. Третий, для сравнения гранулометрического состава исходного и дроблёного продуктов, должен быть представлен двумя кривыми суммарного выхода по «плюсу».

По виду кривых суммарного выхода по «плюсу» надо сделать общее заключение о гранулометрическом составе продуктов.

Определение крупности

Для определения размеров куса рекомендуется воспользоваться ёмкостью с прямым углом. Кусок помещается в угол ёмкости (рисунок 5) и обмеряется.

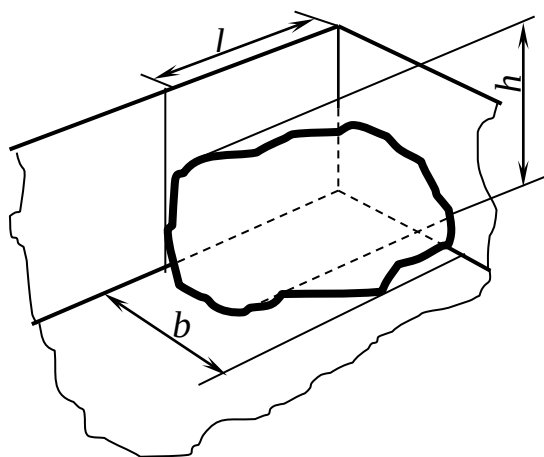


Рисунок 5 – Схема обмера куска в углу ёмкости

Размер максимального куска определяется по формуле среднеарифметического, мм:

$$d_{\text{макс.}} = (l + b + h) / 3. \quad (1)$$

Затем по размерам трёх максимальных кусков определяется средний размер максимального куска, мм:

$$d_{\text{макс. ср.}} = (d_{\text{макс. 1}} + d_{\text{макс. 2}} + d_{\text{макс. 3}}) / 3. \quad (2)$$

Средневзвешенная крупность каждого продукта находится по формуле средневзвешенного показателя, мм:

$$d_{\text{ср. взв.}} = \sum \gamma_i d_i / \sum \gamma_i, \quad (3)$$

где γ_i – выход (массовая доля i -го класса по результатам ситового анализа); d_i – среднеарифметическая крупность i -го класса, определяемая границами класса $-d_{\text{макс.}i} + d_{\text{мин.}i}$ и вычисляемая по выражению $(d_{\text{макс.}i} + d_{\text{мин.}i}) / 2$.

По гранулометрическим характеристикам находятся: номинальные $d_{0,80}$, и $d_{0,95}$ крупности, медианная крупность $d_{0,50}$ (способ нахождения указывается на графике).

Определение степени закрупления (относительной крупности)

Под закруплением Z_H понимается соотношение номинальной крупности $d_{0,95}$ и номинальной ширины выходной щели $s_{\text{ном}}$, измеренной между выступом одной щеки и впадиной другой в фазе размыкания. Расчётная формула имеет вид

$$Z_H = d_{0,95} / s_{\text{ном}}. \quad (4)$$

Определение степеней дробления

Степень дробления рассчитывается тремя способами, как отношение размеров максимальных кусков в исходном и дроблёном продуктах, отношение средневзвешенных и номинальных крупностей исходного и дроблёного продуктов.

Производительность дробилки

Производительность щековой дробилки Q , т/ч, определяется по выражениям, [1]:

$$\text{фактическая} \quad Q = 3,6 \cdot M / t, \quad (5)$$

$$\text{расчётная} \quad Q = (1479 \cdot (s + \Delta) - 40B) \cdot B^{0,5} \cdot L \cdot \rho_H, \quad (6)$$

где M – масса пробы, кг; t – продолжительность дробления, с; s – размер разгрузочной щели в фазе размыкания щёк, м; Δ – ход подвижной щеки на уровне разгрузочного отверстия, м; B – ширина загрузочного

отверстия, определяемая на уровне верхнего обреза футеровки, м;
 L – длина загрузочного отверстия, м; ρ_n – насыпная плотность исходного материала, т/м³, $\rho_n = (0,5 \div 0,7) \rho$.

Частота вращения эксцентрикового вала

Частота вращения эксцентрикового вала, мин⁻¹

$$n = 182,6 B^{-0,5}. \quad (7)$$

Частота вращения эксцентрикового вала может быть определена и с помощью тахометра (фактически она равна 300 мин⁻¹).

6. Мощность электродвигателя щековой дробилки.

Необходимая мощность электродвигателя дробилки, кВт

$$N = c \cdot L \cdot B, \quad (8)$$

где c – коэффициент, отражающий особенности дробилки, равный:

при $B \times L < 250 \times 400$ $c = 1/60$;

при $B \times L < 900 \times 1200$ $c = 1/100$,

при $B \times L \geq 900 \times 1200$ $c = 1/120$.

Значения L и B в формулу (8) подставляются в сантиметрах.

В практических условиях устанавливается двигатель с коэффициентом запаса мощности $1,4 \div 1,5$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

ДРОБЛЕНИЯ В ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛКАХ

Цель:

- изучить конструкцию и работу щековой дробилки со сложным движением щеки и с простым движением с нижним подвесом;
- освоить способ регулирования величины разгрузочной щели;
- оценить влияние характера движения щёк на результаты дробления.

Необходимые материалы и оборудование:

- проба после первой стадии дробления;
- желобчатый делитель;
- секундомер;
- линейка; штангенциркуль;
- щековая дробилка с простым движением с нижним подвесом щеки;
- щековая дробилка со сложным движением щеки;

- весы;
- набор ручных сит;
- пластилин.

Ход работы:

1. Изучить конструкцию дробилок, выполняя индивидуальное эскизирование. Определить основные конструктивные и механические параметры. Установить при помощи пластилина заданную ширину разгрузочных щелей, одинаковую для обеих дробилок.

2. Произвести усреднение и деление пробы на две части (см. п. *Усреднение проб*).

3. Соблюдая меры предосторожности, пропустить одну часть пробы через дробилку со сложным движением щеки, другую – через дробилку с нижним подвесом щеки. При этом необходимо фиксировать продолжительность цикла дробления.

4. Выполнить ситовые анализы дроблённых продуктов.

5. Определить размеры максимальных кусков в каждом дроблённом продукте.

6. Обработать результаты работ.

7. Подписать у преподавателя рабочие записи и черновые расчёты бригады, а также свои эскизы оборудования.

8. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

1. Результаты ситовых анализов представить в виде таблиц (см. п. *Усреднение проб*). Гранулометрические характеристики дроблённых продуктов в виде кривых суммарного выхода по плюсу должны быть представлены на одном рисунке.

Сравнение гранулометрического состава продуктов выполнить качественное, по виду и взаимному расположению кривых.

2. Рассчитать крупности и степени дробления аналогично предыдущей работе.

3. Рассчитать показатели технологической эффективности дробления, %

$$E_T = 100 (\beta^{-d+0} - \alpha^{-d+0}) / (100 - \alpha^{-d+0}), \quad (9)$$

где β^{-d+0} , α^{-d+0} – массовые доли класса $-d+0$ мм в дроблённом и исходном продуктах (равны выходам этих классов в продуктах по данным ситового анализа).

Результаты расчёта представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Технологическая эффективность дробления в щековых дробилках ЩДС и ЩДП

Расчётный класс, мм	Массовая доля класса в исходном α^{-d+0} , %.,	Щековая дробилка с движением щеки			
		простым		сложным	
		β^{-d+0} , %	E_T , %	β^{-d+0} , %	E_T , %
–25 + 0	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
–1,4 + 0	...	...	...	...	...

Примечание: размеры расчётных классов принимаются в соответствии со шкалой сит ситового анализа.

4. Зависимости величины E_T от размера расчётного класса для каждого типа дробилок приводятся на одном графике.

5. Формулы для определения величины производительности дробилок приведены в лабораторной работе №1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ДРОБЛЕНИЕ В ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ

Цель:

- изучить конструкцию и принцип работы валковой дробилки;
- освоить способ регулирования величины разгрузочной щели.

Необходимые материалы и оборудование:

- объединённая проба после дробления в щековых дробилках;
- желобчатый делитель;
- секундомер;
- тахометр;
- линейка (штангенциркуль);
- валковая дробилка;
- весы;
- набор ручных сит;
- пластилин.

Ход работы:

1. Изучить конструкцию дробилки, выполняя одновременно эскизирование, определить конструктивные и механические параметры.

2. Работа производится при двух значениях величины разгрузочной щели, для этого исходная проба делится пополам при помощи желобчатого делителя. Величина разгрузочной щели в опытах долж-

на различаться в 1,5-2 раза. Установить начальную величину разгрузочной щели, используя при этом пластилин.

Для определения величины разгрузочной щели в процессе работы необходимо пропустить кусочки пластилина **одновременно** с материалом, затем измерить толщину пластилиновых пластин. Величину разгрузочной щели следует определить трижды для каждого опыта и рассчитать её среднеарифметическое значение.

3. Соблюдая меры предосторожности, пропустить материал через дробилку, фиксируя при этом продолжительность цикла дробления.

4. Выполнить ситовый анализ дроблёных продуктов.

5. Параллельно с выполнением ситового анализа определить размеры максимальных кусков в дроблёных продуктах.

6. Степени дробления рассчитать аналогично указаниям лабораторной работы № 1.

7. Обработать результаты работ.

8. Подписать у преподавателя рабочие записи, черновые расчёты и эскизы.

9. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

1. Для построения характеристики исходного продукта произвести необходимые расчёты, результаты которых привести в таблице. Следует иметь в виду, что исходное является объединённым продуктом разгрузок щековых дробилок из предыдущей работы. Рекомендуется использовать соответствующие табличные данные или взять необходимые сведения из графиков предыдущей работы, а выходы классов найти как среднее арифметическое. Совместить на одном поле гранулометрические характеристики исходного и дроблёных продуктов.

2. Рассчитать линейную скорость на поверхности валков, частоту вращения валков определить тахометром.

3. Производительность дробилки рассчитать для каждого опыта [1], т/ч

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot n \cdot D \cdot L \cdot k_L \cdot k_{\text{разр}} \cdot \rho \cdot s_{\text{факт.}}, \quad (10)$$

где D и L – диаметр и длина вала, м; k_L – коэффициент использования длины валков (принять равным 0,85); $k_{\text{разр}}$ – коэффициент разрыхления материала в зоне дробления, (в среднем составляет [3] $0,2 \div 0,3$, но может быть принят и другим по условиям проведения

опытов); ρ – плотность материала, т/м^3 ; $s_{\text{факт}}$ – ширина разгрузочной щели дробилки при работе, м; n – частота вращения валков, $n = 200 \text{ мин}^{-1}$.

4. Рассчитать мощность электродвигателей, кВт:

$$N = (11 \div 14) D L v, \quad (11)$$

где v – окружная (линейная) скорость вала, м/с.

Суммарная мощность установленных на лабораторной валковой дробилке двигателей составляет 3 кВт.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 **РАБОТА САМОЦЕНТРИРУЮЩЕГОСЯ ГРОХОТА**

Цель:

- изучить конструкцию и принцип работы самоцентрирующегося грохота;
- исследовать влияние производительности грохота на эффективность грохочения.

Необходимые материалы и оборудование:

- проба после дробления в валковой дробилке;
- грохот самоцентрирующийся;
- секундомер;
- линейка;
- весы;
- набор ручных сит;
- металлический крюк (скоба).

Ход работы:

1. Изучить конструкцию грохота, выполняя одновременно эскизирование, определить конструктивные параметры.

2. Усреднить (см. п. *Усреднение проб*) и взвесить пробу ($M_{\text{исх.}}$) перед каждым опытом.

3. Засыпать пробу в приёмный бункер. **Внимание!** – при загрузке бункера из материала выделяется пыль.

4. Провести опыт. Для этого открыть затвор бункера при работающем грохоте. Продолжительность грохочения оценить с точностью до секунды. Началом процесса грохочения считается момент попадания первых зёрен на просеивающую поверхность, окончанием – момент выхода из бункера основной массы материала. В каждом

опыте необходимо замерять ширину разгрузочной щели бункера. В течение опыта необходимо следить за тем, чтобы материал не зависал в бункере. Очистить бункер.

5. Выключить грохот и зачистить поддон, перезапустить грохот несколько раз («Пуск-остановка» – 2-3 раза) до полной очистки; при необходимости использовать проволочный крюк/скобу.

6. Взвесить полученный **надрешётный** продукт и рассеять его вручную на сите с тем же размером отверстий, что и на грохоте.

7. Взвесить **раздельно** подрешётный продукт грохота – $M_{\text{подр.}}$, нижний класс $M_{\text{надр.}}^{-a}$ и верхний класс $M_{\text{надр.}}^{+a}$ надрешётного.

8. Отметить поведение зёрен разной крупности в процессе грохочения.

9. Объединить продукты грохочения.

10. Установить режим грохочения для второго опыта и выполнить его аналогично п. 6-10.

11. Установить режим грохочения для третьего опыта и т. д.

12. Обработать результаты работ.

13. Подписать у преподавателя рабочие записи и черновые расчёты.

14. Составить отчёт по выполненной работе.

Пояснения по обработке результатов работы:

1. Исходный материал для опытов (гранулометрическая характеристика получена в предыдущей работе) следует описать с указанием доли «лёгких», «трудных» и «затрудняющих» зёрен.

2. Исходные данные и результаты опытов свести в расчётную таблицу по форме таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты опытов по грохочению

Опыт	$M_{\text{исх}}$, кг	α^{-a} , %	Продукты грохочения, кг				ϑ^{-a} , %	Эффективность грохочения, %		t , с	Q , т/ч
			надрешётный			подрешётный		$E_{\text{м.}}^{-a}$	$E_{\text{ан.}}^{-a}$		
			$M_{\text{надр.}}^{+a}$	$M_{\text{надр.}}^{-a}$	$M_{\text{надр.}}$	$M_{\text{подр.}}$					
1											
2	*	*									
3	**	**									

3. Эффективность грохочения рассчитывается для каждого режима по результатам взвешивания классов и продуктов – $E_{\text{м.}}$ и по результатам ситового анализа – $E_{\text{ан.}}$

Порядок расчета при обработке результатов опыта:

$$M_{\text{исх.}} = M_{\text{надр.}}^{+a} + M_{\text{надр.}}^{-a} + M_{\text{подр.}}, \text{ кг}, \quad (12)$$

$$\vartheta = 100 M_{\text{надр.}}^{-a} / (M_{\text{надр.}}^{-a} + M_{\text{надр.}}^{+a}), \%, \quad (13)$$

$$E_{\text{ан.}}^{-a} = (\alpha^{-a} - \vartheta^{-a}) \cdot 10^4 / ((100 - \vartheta^{-a}) \alpha^{-a}), \%, \quad (14)$$

$$E_{\text{м.}}^{-a} = 10^4 M_{\text{подр.}} / (M_{\text{исх.}} \alpha^{-a}), \%. \quad (15)$$

4. Производительность грохота Q рассчитывается по формуле (5).

5. По результатам опытов построить зависимость эффективности грохочения от производительности грохота по исходному питанию.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАСЫПНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРОДУКТА

Цель:

- практическое освоение методики определения насыпной плотности продуктов.

Необходимые материалы и оборудование:

- проба после дробления в валковой дробилке;
- желобчатый делитель;
- установка для определения насыпной плотности;
- электронные весы.

Ход работы:

1. Подготовить пробу для выполнения лабораторной работы. Для этого материал доводится до крупности менее 3 мм в замкнутом цикле «ручное сито – валковая дробилка» или «грохот – валковая дробилка» (см. рисунок 1).

2. Проба усредняется и с помощью делителя делится на четыре части около 2 кг каждая. Три части используются (**каждая один раз!**) для определения насыпной плотности, Результаты этих определений записываются в таблицу по форме таблицы 3.

Установка для определения насыпной плотности представляет собой лоток, который устанавливается над банкой (определить ее объем, рекомендуемый – 1 дм³). Пустая банка взвешивается (M_6). Нижний обрез лотка должен быть на 40-50 мм выше верхнего обреза банки, угол наклона лотка не менее 35°. Материал должен стекать в банку по центру ее верхнего обреза. После образования конуса над

банкой легкими ударами руки обстукать банку с четырех сторон и сдвинуть конус материала линейкой. Банка с материалом взвешивается (M_{6M}).

Таблица 3 – Результаты определения насыпной плотности

Проба	Масса банки, M_6 , кг	Масса банки, M_{6M} , с материалом, кг	Насыпная плотность, кг/м ³		
			ρ_n	ρ_n ср. арифм.	$\Delta\rho_n$ отн.
1					
2					
3					

3.3 Насыпная плотность, кг/м³ определяется по формуле

$$\rho_n = (M_{6M} - M_6)/V_6, \quad (16)$$

где V_6 – объем банки, м³.

4. Определить относительное отклонение $\Delta\rho_n$ отн. значений насыпной плотности в каждом измерении, %

$$\Delta\rho_n \text{ отн.} = 100 (\rho_n \text{ ср. арифм.} - \rho_n i) / \rho_n \text{ ср. арифм.}$$

При значении относительного отклонения более чем на 5 % для любого измерения повторить все сначала.

3.5. Обработать результаты работы.

3.6. Подписать у преподавателя рабочие записи и черновые расчеты.

3.7. Составить отчет по выполненной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 ПРОВЕДЕНИЕ СУХОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА

Цель:

- изучение методики проведения сухого ситового анализа для определения гранулометрического состава продуктов;
- изучение конструкции и принципа действия вибрационного встряхивателя;
- освоение принципов построения гранулометрических характеристик продуктов в натуральном и полулогарифмическом виде.

Необходимые материалы и оборудование:

- ручные сита с модулем шкалы, равным 2, для определения гранулометрического состава крупных продуктов, мм: 100; 50; 25; 13; 6; 3;
- набор сит (рекомендуются сита «Вибротехник») с модулем шкалы, равным 2, для определения гранулометрического состава мелких продуктов, мм: 1,25; 0,63; 0,315; 0,14; 0,071; 0,05;
- вибрационный встряхиватель.

Ход работы:

Для определения гранулометрического состава мелких продуктов отобрать пробу материала крупностью менее 3 мм, минимальную массу которой можно определить по диаметру наибольшего зерна в пробе по таблице 4.

Таблица 4 – Минимальная масса пробы для ситового анализа

Диаметр наибольшего зерна, мм	0,1	0,3	0,5	1,0	3,0
Минимальная масса навески, кг	0,025	0,05	0,1	0,2	0,3

Отбор пробы производится с использованием желобчатого делителя, (делителя Джонса) либо методом квартования или квадратования. Перед ситовым анализом определяется ее масса $M_{исх.}$

Для проведения ситового анализа собирается комплект указанных выше сит, которые устанавливаются на вибрационный встряхиватель в порядке возрастания размера отверстий снизу вверх. Комплект ставится в поддон, на верхнее сито высыпается проба материала, комплект сверху закрывается крышкой. С помощью поперечной планки и гаек комплект затягивается, устанавливается продолжительность отсева от 10 до 30 минут.

По окончании отсева осуществляется контроль. Просев на всех ситах помещается на листы бумаги или в чашки, подписанные соответствующим образом. Остаток с нижнего сита взвешивается и снова помещается на это сито. Набор сит собирается вновь вместе с нижним ситом и устанавливается на платформе встряхивателя. Аппарат включается на **одну** минуту, после чего взвешивается остаток на нижнем сите и вновь полученный просев. Рассчитывается выход мелочи за контрольную минуту, %

$$\gamma = 100 \cdot M_{прос.} / (M_{прос.} + M_{ост.}), \quad (17)$$

где $M_{\text{прос.}}$ – масса полученного просева, г; $M_{\text{ост.}}$ – масса остатка на сите после контрольного отсева, г.

Если $\gamma < 1 \%$, то анализ считается законченным. В противном случае он продолжается – остатки возвращаются на свои сетки, за исключением материала в поддоне. Опять собирается набор сит, и аппарат дополнительно включают на 10 минут, после чего вновь следует вышеописанный контроль.

При выполнении лабораторных работ контрольный рассев можно осуществлять вручную в течение одной минуты.

Продолжительность ситового анализа для измельченных в мельницах всухую продуктов составляет 15 минут при исходной навеске 200 г. При этом контрольный рассев не производится [2].

Результаты ситового анализа оформляются в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Результаты сухого ситового анализа мелкого продукта

Класс крупности, мм	Выход			
	частный, кг	частный с учетом распределения потерь		суммарный по «плюсу», %
-3+...	...	кг	%	
...	...			
...	...			
-0,071+0	...			
Всего:	...	$M_{исх}$	100,00	

Расчеты по результатам ситового анализа заканчиваются определением потерь Π при анализе, %

$$\Pi = 100 \cdot (M_{\text{исх}} - \sum M_i) / M_{\text{исх}}. \quad (18)$$

Если потери не превышают 1 %, то они распределяются по всем полученным классам пропорционально их выходам. Если потери более 1 %, то анализ бракуется и повторяется с новой навеской [2].

Окончание отсева крупнокускового материала определяется из условия, что дополнительный рассев в течение трёх минут не изменит результаты анализа более чем на 0,5 % [2]. К примеру, если масса остатка на сетке составляет 7,3 кг и после контрольных 3 минут 7,1 кг, то ввиду $(7,3 - 7,1) \cdot 100 / 7,3 = 2,74 \% > 0,5 \%$, рассев нельзя считать законченным.

Как уже отмечено выше, в данной лабораторной работе сухой ситовой анализ осуществляется на мелком материале.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ПРОВЕДЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СИТОВОГО АНАЛИЗА

Цель:

- изучение методики проведения комбинированного ситового анализа для определения гранулометрического состава продуктов.

Необходимые материалы и оборудование:

- установка для отмывки;
- сито для мокрого анализа с заданным размером отверстий;
- фарфоровая чашка для контроля качества отмывки.

Ход работы:

Комбинированный ситовой анализ состоит в отмывке тонких частиц и осуществляется вручную (как в настоящей работе) или на односитном гидрокласификаторе. Если тонких частиц много (например, в материале после измельчения), отмывка производится по двухступенчатой схеме: сначала вручную, затем на гидрокласификаторе.

Для отмывания вручную собирается установка на решетке дренажной канавы. Установка (см. рисунок 6) состоит из сита с обечайкой, устанавливаемого на подставке, причем сито открыто своей нижней частью в канаву. Подставка может быть выполнена произвольно из подручных материалов по рекомендации преподавателя.

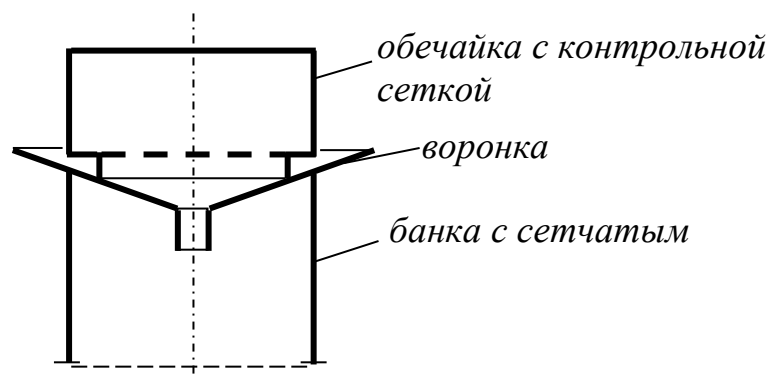


Рисунок 6 – Схема установки для отмывки

Навеска материала помещается на сито в обечайку. Конец шланга со свободно текущей водой при небольшом ее расходе заводится в обечайку, и лишь **затем (!)** формируется плоская струя воды, для чего

пальцами или зажимом пережимается шланг. Угол при вершине плоской струи должен быть порядка $20-30^\circ$, а сама струя должна быть перпендикулярна плоскости сетки. Чаще всего струя воды при промывке вручную невелика по сечению, и потому ее приходится перемещать по радиусу.

При работе на гидроклассификаторе перемещение фронта промывки определяется направлением и скоростью вращения обечайки.

Для сброса воды из обечайки надо сформировать острую и тонкую струю воды. Шланг осторожно помещают в воду практически вплотную к сетке и держат без каких-либо перемещений. При этом необходимо избегать повреждения сетки.

Контроль качества промывки осуществляется с помощью фарфоровой чашки диаметром 50-100 мм, которую помещают под сито. Затем производят промыв по всей площади сита, при этом фарфоровую чашку перемещают под ситом в том месте, куда падает струя воды. После этого чашка убирается из-под сита, в ней происходит отстаивание твердой фазы в течение 20-30 с. Круговыми движениями собирается твердая фаза в центре чашки, допустимо выплескивание части воды из чашки. Если отмыт не весь тонкий класс, то на дне чашки будет хорошо виден осадок. Промывку можно считать оконченной, когда осадок практически исчезнет. Остаток материала переносится из обечайки в алюминиевую чашку, после отстаивания излишек воды сливается, а чашка ставится для выпаривания воды в сушильный шкаф (с этикеткой). Перенос материала в чашку осуществляется следующим образом (см. рисунок 7): а) наклонить обечайку над алюминиевой чашкой достаточного размера; б) смыть промывальной материал с тыльной части сита в алюминиевую чашку; в) опрокинуть обечайку над алюминиевой чашкой и окончательно смыть в нее весь материал из обечайки.

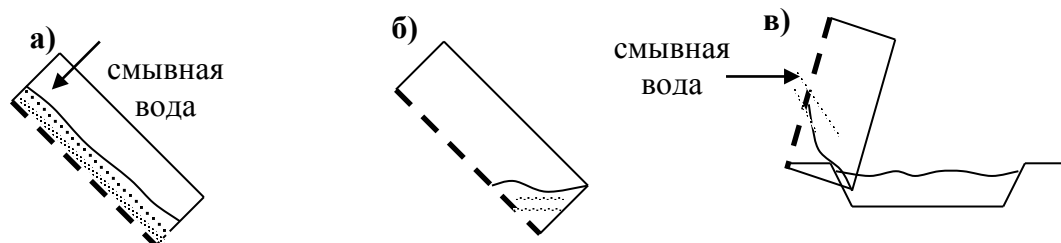


Рисунок 7 – Схема переноса отмытого материала в чашку

После выпаривания воды из оставшегося в обечайке материала он подвергается ситовому анализу как в лабораторной работе № 6.

Результаты комбинированного анализа оформляются в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Результаты комбинированного анализа мелкого продукта

Класс крупности, мм	Выход			
	частный, кг	с учётом распределения потерь		суммарный по «плюсу», %
		кг	%	
...	...	...	...	
...	...	...	...	
- ...+0	...	...	...	
<i>Итого</i>	...	...	...	
Промыв	...	...	...	
Всего:	...	$M_{исх}$...	100,00	–

Если потери не превышают 1 %, то они распределяются по всем полученным классам и промыву пропорционально их выходам. Если потери более 1 %, то анализ бракуется и повторяется с новой навеской [2].

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ В БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Цель:

- изучить влияние факторов на результаты измельчения;
- освоить методику работы с мельницами;
- изучить конструкцию мельницы;
- освоить построение графиков в полулогарифмическом масштабе.

Необходимые материалы и оборудование

- проба крупностью менее 3 мм;
- мельница барабанная лабораторная;
- рожковый гаечный ключ ($S = 22$);
- металлическая лапка для извлечения резиновой прокладки;
- стержни (шары);
- рольганги;
- тахометр;
- секундомер (часы);
- контрольное сито с размером ячеек 0,071 мм или иное (по указанию преподавателя);
- чашка алюминиевая;

- чашка фарфоровая;
- промывалка;
- таз;
- весы;
- мерный цилиндр объёмом 0,5 (1) л.

3. *Ход работы:*

1. Получить у преподавателя задание (изучение влияния на процесс измельчения конкретного фактора). Возможные варианты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технологические режимы измельчения

Вариант	Продолжительность измельчения, мин.	Соотношение в мельнице Ж:Т	Степень заполнения мелющими телами	
			шары	стержни
1	10	1:3	0,30	0,40
	20			
	30			
2	15	1:4	0,30	0,40
		1:3		
		1:2		
3	15	1:3	0,20	0,20
			0,30	0,30
			0,45	0,45
4	20	1:3	0,30	0,20
				0,30
				0,40
5	20	1:4	0,30	0,20
				0,30
				0,40
6	20	1:3	0,30	0,40
	k = 0,06; 0,12; 0,18			
Примечание: k – коэффициент заполнения мельницы материалом				

2. Изучить конструкцию мельницы и рольгангов (выполняя эскизирование), определить конструктивные и механические параметры (размеры, угловые скорости вращения). Опыты проводятся в одной и той же мельнице, на одних и тех же рольгангах, поэтому надо отметить для себя номер комплекта мельницы.

3. Рассчитать величину навески материала и отобрать её из пакета методом квадратования (см. п. *Усреднение проб*).

4. Рассчитать массу измельчающей среды и отобрать измельчающую среду (стержни или шары).

5. Рассчитать необходимое количество воды.

6. Загрузить для первого опыта в мельницу в следующем порядке: шары (стержни) + твёрдое + вода.

7. Собрать мельницу в следующем порядке: резиновая прокладка, крышка, прижимная планка. Закрутить винт прижимной планки гаечным ключом так, чтобы вода не вытекала из мельницы при её горизонтальном положении. Поставить её на **неподвижные** рольганги, закрыть кожух и включить установку на нужное время. Поскольку на установке может находиться несколько мельниц, работающих в разных режимах, возникает необходимость остановки рольгангов для постановки или снятия мельниц, при этом время остановки рольгангов из общего времени измельчения исключается.

8. Мельницу снять при выключенных валках (рольгангах), перенести в машинный зал на дренажную решётку.

9. Снять прижимную планку, крышку и резиновую прокладку с помощью металлической лапки. Материал с резиновой прокладки и стержней смывается с помощью промывалки в мельницу. Содержимое мельницы перемешивается (для этой цели можно использовать один из стержней) и переливается в металлическую ёмкость соответствующего объёма. Туда же с помощью промывалки смывается остаток материала из мельницы. Пульпу из ёмкости перенести на сито для отмывания расчётного класса. Все операции переноса пульпы производить с минимально возможным количеством воды. При этом может возникнуть переполнение обечайки сита, в таком случае следует завести шланг в обечайку, сформировать острую струю под максимальным давлением, максимально приблизить шланг к сетке и держать неподвижно до ухода воды из обечайки.

10. Отмыть расчётный класс.

11. Перенести оставшийся на сите материал в чашку и высушить.

Остальные опыты выполняются аналогично.

12. Выполнить сухой ситовый анализ остатка в опыте с наименьшим количеством остатка. Для данного опыта результаты оформляются как в случае комбинированного ситового анализа.

13. В промытую мельницу загрузить чистые мелющие тела, залить до буртика водой, закрыть мельницу и убрать её на место.

14. Обработать результаты работ.

15. Подписать у преподавателя рабочие записи и расчёты.

16. Составить отчёт по выполненной работе.

4. Пояснения по обработке результатов работы.

1. Принять для расчётов плотность мелющей среды, кг/м^3 : для шаровой мельницы $\rho = 4600$; для стержневой мельницы $\rho = 6200$.

2. Масса мелющей среды, кг

$$M = \varphi \cdot \rho \cdot V, \quad (19)$$

где φ – степень заполнения мельницы мелющей средой; ρ – плотность мелющей среды, кг/м^3 ; V – объём лабораторной мельницы, м^3 . Определяется по геометрическим размерам как объём цилиндра до буртика, либо разностью масс заполненной водой до буртика и пустой мельницы.

3. Масса навески для опыта, кг

$$G = k \cdot \rho_n \cdot V, \quad (20)$$

где k – коэффициент заполнения мельницы материалом, д. ед., в вариантах 1-5 задаётся преподавателем или принимается равным 0,12; ρ_n – насыпная плотность материала, кг/м^3 (см. лабораторную работу № 5).

4. Масса воды определяется из заданного соотношения Ж:Т.

5. За расчётный класс принять, если нет дополнительного указания преподавателя, самый мелкий по комбинированному ситовому анализу.

6. Рассчитать удельную производительность, $\text{кг}/(\text{ч} \cdot \text{м}^3)$

$$q = 60 \cdot G \cdot (\beta^{\text{р. кл.}} - \alpha^{\text{р. кл.}}) / (\tau \cdot V), \quad (21)$$

где $\beta^{\text{р. кл.}}$, $\alpha^{\text{р. кл.}}$ – массовые доли расчётного класса в измельчённом и исходном материале, д. ед.; τ – продолжительность измельчения, мин.

7. Результаты работы представить в виде таблицы 8.

Таблица 8 – Влияние переменного фактора на процесс измельчения в лабораторной мельнице

Опыт	Значение переменного фактора	Масса, кг			Массовая доля расчётного класса, д. ед.	Удельная производительность по расчётному классу, $\text{кг}/(\text{ч} \cdot \text{м}^3)$
		навески	остатка на сите	расчётного класса		
1						
2						
3						

8. Построить зависимость выхода расчётного класса от значения переменного фактора.

МЕТОДИКИ

Усреднение проб

Чтобы иметь возможность сравнивать результаты параллельно выполняемых работ (анализов), надо иметь однородный исходный материал, из которого отбираются навески для выполнения тех или иных операций. Усреднение неоднородного материала достигается несколькими способами: перелопачиванием, с помощью желобчатого делителя [4]; способом кольца и конуса (КиК), перекачиванием, а также в специальных смесителях.

Наибольшая продолжительность перемешивания при способе КиК, наименьшая – с помощью желобчатого делителя. По трудоёмкости самые невыгодные – перелопачивание и способ КиК. С технологической точки зрения наибольшая однородность материала достигается при способе КиК, значительно меньшая – при перелопачивании.

Перелопачивание реализуется в нескольких вариантах в зависимости от крупности и количества материала. Самым простым и менее удовлетворительным является перекапывание слоя материала, причём в условиях учебного процесса этого оказывается достаточно для крупного материала (хотя работа с желобчатым делителем проще). Одним из вариантов перелопачивания является перекидывание материала последовательно из одного конуса в другой, т. е. из одной кучи в другую; при этом следует брать материал случайным образом из одной кучи и высыпать его на вершину вновь образуемого конуса.

Способ КиК – это трехкратное повторение операций:

- 1) разворачивание конуса в диск с помощью крестовины;
- 2) формирование кольца из диска с помощью совка;
- 3) образование конуса из кольца с помощью совка.

1. Сначала материал из ёмкости высыпается на конус (либо с угла ёмкости, либо через воронку). При этом ёмкость необходимо вращать вокруг оси образуемого конуса.

Крестовина погружается в конус, одновременно с погружением её вращают (по/против часовой стрелки) до получения диска требуемой толщины.

2. Формирование кольца из диска представлено на рисунке 8.

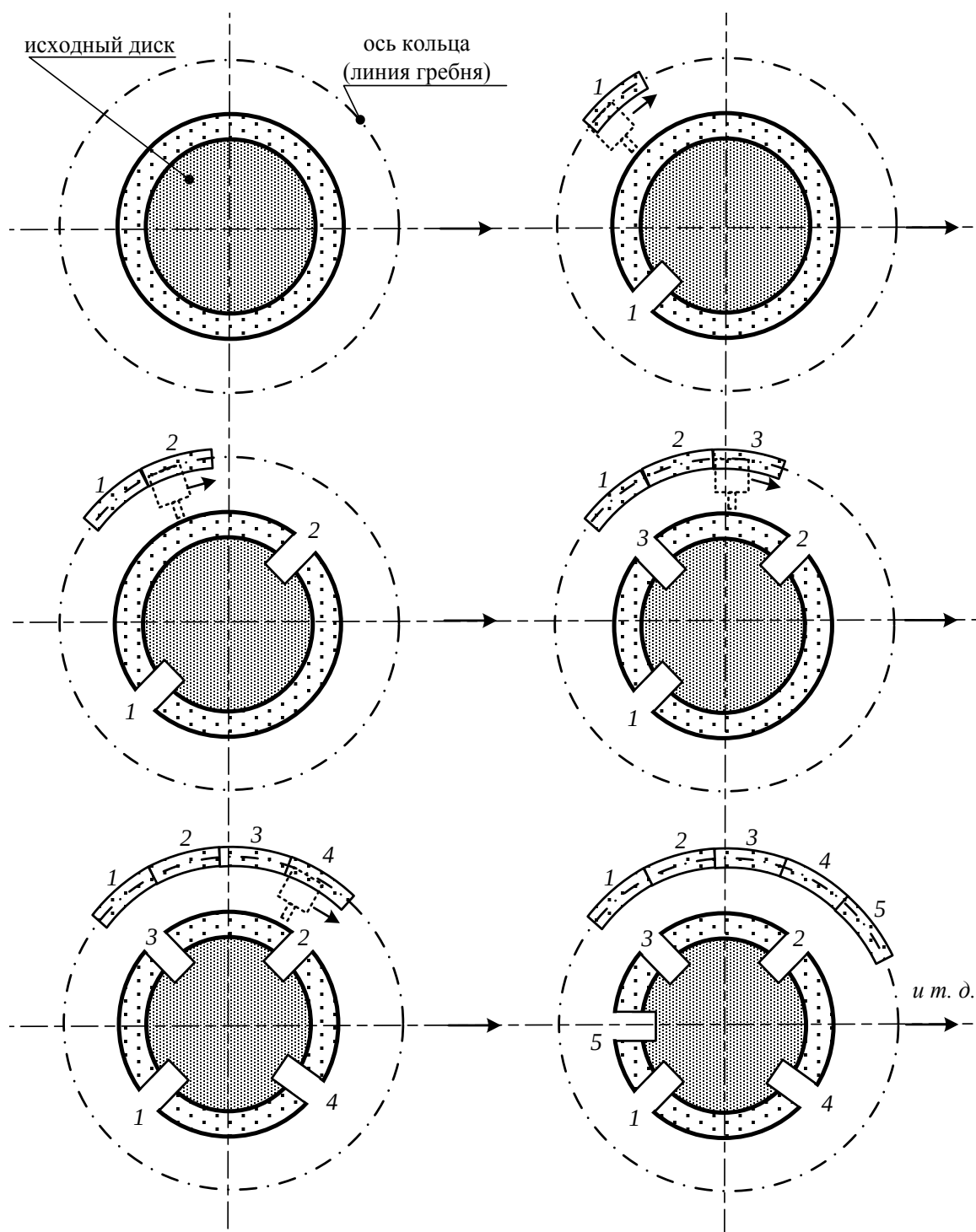


Рисунок 8 – Схема образования кольца из диска

Для образования кольца совком или совками берутся одинаковые порции материала с края диска, последовательно с противоположных сторон 1, 2, 3... и со смещением в **произвольном** порядке по кругу. Порции высыпаются на расстоянии радиуса диска от края диска, и при этом материал следующей порции укладывается в кольцо за предыдущей без перерыва. В результате первые порции 1, 2, 3... перекрываются в дальнейшем i -ой, $i + 1$ -ой, $i + 2$ -ой, и т. д. порциями.

Высыпать порции нужно на гребень образуемого кольца и растягивать по окружности. Нельзя остатки в диске подметать к основанию кольца. Смётки собираются в совок и распределяются по гребню как обычные порции.

3. Образование конуса из кольца приведено на рисунке 9. Тем же совком отбираются в *случайном* порядке порции материала и высыпаются на конус (аналогично описанному в п. 1). Смётки собираются и высыпаются на вершину конуса.

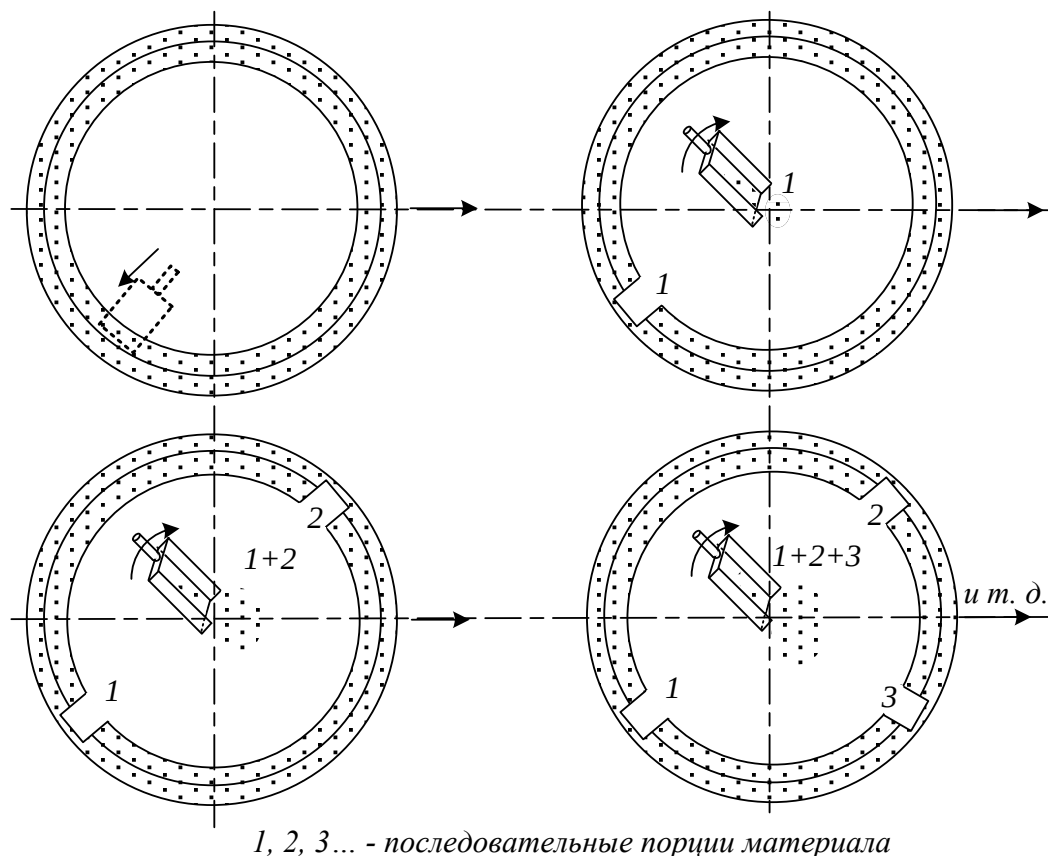


Рисунок 9 – Образование конуса из кольца

Перемешивание с помощью желобчатого делителя

Используется делитель с шириной желобка не менее чем в два раза большей размера наиболее крупного куска. Под делитель устанавливаются два поддона; материал помещают в совок, ширина которого соответствует ширине делителя, разравнивают; край совка совмещают с серединой делителя и ссыпают материал равномерно по ширине совка по половине совка с обеих сторон. Получающиеся части вновь объединяются; процедура повторяется троекратно.

Усреднение перекачиванием применяют для мелкого продукта. Для этого используют клеёнку (плёнку) размером, соответствующим количеству усредняемого материала. Материал помещают на

середину клеенки, и резкими движениями перекачивают пробу с угла на угол 20-30 раз [4]. Направление перекачивания необходимо менять.

Для отбора навесок из усреднённого материала используют либо делитель Джонса, либо квадратование: усреднённый материал формируют в виде диска, который покрывают сеткой с шагом, равным ширине совочка. Сетку намечают линейкой. Совочком из узлов сетки отбирают порции, вычерпывая материал на всю толщину слоя. Возможно вычерпывание материала целиком из клеточки, клеточки выбираются в шахматном порядке. Таким образом, набирают необходимое количество материала.

Отбор навесок для ситового анализа

В лабораторных работах с помощью ситового анализа производится определение гранулометрического состава как относительно крупного материала, так и мелкого (менее 3 мм).

Гранулометрический состав проб определяется с помощью ручного сита на наборе сит. В отчёте следует дать характеристику применяемого набора: указать шкалу сит, привести модуль шкалы. Для нахождения степени дробления необходимы определения размеров наиболее крупных зёрен. Рекомендуется выбирать такие зёрна из самого крупного класса, а не из всего анализируемого продукта. Определять размеры надо с точностью ± 1 мм в ортогональных направлениях ($l*b*h$), результаты измерений оформить в виде таблицы 9.

Таблица 9 – Размеры наиболее крупных зёрен в исходной пробе и в продуктах дробления, мм

Наименование продукта	Кусок	Размеры			$d_{\text{ср. арифм.}}$	$d_{\text{ср. макс.}}$
		l	b	h		
Исходная руда	1				d_1	...
	2				d_2	
	3				d_3	
Продукт дроб- ления в ЩДП	1				d_1	...
	2				d_2	
	3				d_3	
и т. д.						

Ручной рассев на ситах производится «от крупного к мелкому», рассев считается законченным, когда материал практически переста-

ет переходить в подрешетный продукт. Контроль может осуществляться с помощью листа бумаги. Толщина слоя материала на сетке не должна быть больше $4d_{\text{макс}}$.

Окончание рассева крупнокускового материала определяется из условия, что дополнительный рассев в течение 3 мин. не изменит результата анализа более чем на 0,5 % [2]. К примеру, если масса остатка на сетке, составляет 7,3 кг и после контрольных 3 мин. – 7,1 кг, то ввиду $(7,3 - 7,1) \cdot 100 / 7,3 = 2,74 \% > 0,5 \%$, рассев нельзя считать законченным.

Взвешивание каждого класса производится с учетом массы тары. Определяются выходы классов, по которым рассчитываются суммарные характеристики. Результаты анализа и последующих расчётов заносятся в таблицу следующей формы:

Таблица 10 – Результаты ситового анализа продукта

Класс крупности, мм	Выход			
	частный		суммарный, %	
	кг	%	по «плюсу»	по «минусу»
$-d_1 + d_2$	m_1			
$-d_2 + d_3$	m_2			
...	...	...	...	...
$-d_n + 0$	m_n			
Всего	$M = \sum m_i$			
<i>Внимание: d – размер отверстий соответствующего сита</i>				

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреев С. А., Перов В. А., Зверевич В. В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых – 3-е изд. – М.: Недра, 1988. – 415 с.
2. Колтунов А. В., Комлев С. Г. Дробление, измельчение, грохочение: учебное пособие – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 122 с.
3. Клушанцев Б. Ф., Косарев А. И., Муйземнек Ю. А. Дробилки. Конструкции, расчёт, особенности эксплуатации – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
4. Митрофанов С. И., Барский Л. А., Самыгин В. Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость – М.: Недра, 1974. – 352 с.
5. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Под. ред. О. С. Богданова, В. А. Олевского. – 2-е изд. – М.: Недра, 1982. – 366 с.

Учебное издание

Сергей Григорьевич Комлев
Александр Васильевич Колтунов

ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

*Учебно-методическое пособие
по выполнению и оформлению лабораторных работ
по дисциплине «Дробление, измельчение, грохочение»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ)
направления подготовки – 21.05.04 «Горное дело»
всех форм обучения*

Редактор **Устьянцева Л. В.**

Компьютерная вёрстка *М. В. Аксеньюшкиной*

Подписано в печать **08.08.2018** г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 1,09. Уч.-изд. л. 1,05. Тираж 100 экз. Заказ № ____

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.03 ДРОБЛЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

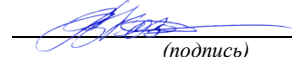
Автор: Колтунов А. В., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель



(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**Б1.В.04 ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ,
СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

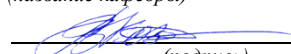
форма обучения: очная, заочная

Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

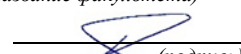
Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	3
3. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	4
3.1. Введение	4
3.2. Выбор и обоснование схемы обезвоживания	4
3.3. Расчёт водно-шламовой схемы, составление баланса по воде	5
3.4. Обоснование, выбор и расчёт оборудования.....	7
Расчет сгустителей	7
Расчет вакуум-фильтров	9
3.5. Обоснование и описание схемы цепи аппаратов	10
3.6. Обоснование и описание компоновочного решения.	10
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	10
ПРИЛОЖЕНИЕ А Показатели обезвоживания концентратов и требования к их влажности	11
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Технические характеристики радиальных сгустителей типа СЦ.....	12
ПРИЛОЖЕНИЕ В Технические характеристики дисковых вакуум- фильтров типа ДОО.....	13

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект является средством промежуточного контроля, предназначенного для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, источниками справочной литературы, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

Целью курсового проекта является закрепление знаний лекционного курса «Обезвоживание, пылеулавливание, складирование и окомкование», приобретение навыков расчёта оборудования, водно-шламовой схемы и составления баланса по воде, приобретение навыков разработки компоновочных решений.

Задание на курсовой проект заполняется в одном экземпляре, подписывается руководителем и студентом. В бланке задания, выдаваемом студенту, приводятся сведения о производительности корпуса обезвоживания, характеристика обезвоживаемого продукта, сроки выполнения курсового проекта.

Курсовой проект выполняется студентом самостоятельно в течение всего семестра по индивидуальному заданию, выдаваемому в начале семестра.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект должен включать в себя пояснительную записку и графическую часть.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

Введение.

Выбор и обоснование схемы обезвоживания.

Расчёт водно-шламовой схемы, составление баланса по воде.

Обоснование, выбор и расчёт оборудования.

Обоснование и описание схемы цепи аппаратов.

Обоснование и описание компоновочного решения.

Список использованных источников.

Наименования разделов пишутся прописными буквами. Наименования подразделов пишутся строчными буквами, начиная с прописной. Разделы пояснительной записки нумеруются арабскими цифрами (кроме введения и списка использованных источников).

Пояснительная записка комплектуется в следующем порядке:

Титульный лист.

Задание на курсовой проект.

Содержание.

Разделы пояснительной записки.

В состав графической части курсового проекта включается:

Водно-шламовая схема.

Баланс воды по корпусу обезвоживания.

Схема цепи аппаратов.

Спецификация оборудования.

План и разрез корпуса обезвоживания.

Графическая часть выполняется на листах формата А1. На первом листе приводится водно-шламовая схема, баланс воды по корпусу обезвоживания, схема цепи аппаратов и спецификация оборудования. На втором листе приводится план корпуса обезвоживания. На третьем листе приводится разрез корпуса обезвоживания.

План и разрез корпуса обезвоживания выполняются в масштабе 1:100. Допускается использовать масштаб 1:50 или 1:200 для оптимального заполнения пространства листа. План и разрез корпуса обезвоживания выполняются в одинаковом масштабе.

Пояснительная записка и графическая часть оформляются в электронном виде с последующей распечаткой и сдаются студентом на проверку в электронном и печатном виде.

После проверки руководителем, курсовой проект защищается в присутствии комиссии в устной форме. Оценка выставляется по итогам устной защиты и проверки пояснительной записки и графической части.

3. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Введение

Во введении необходимо отразить:

- цель курсового проекта;
- актуальность темы курсового проекта;
- роль обезвоживания в ряду других технологических процессов переработки полезных ископаемых;
- оценку современного состояния техники и технологий обезвоживания;
- перспективы развития данной отрасли производства;
- области использования концентрата, получаемого на проектируемой обогатительной фабрике;
- технические требования (в т. ч. по влажности), которым должен отвечать обезвоженный концентрат.

3.2. Выбор и обоснование схемы обезвоживания

В курсовом проекте схема обезвоживания принимается согласно заданию. Схема обезвоживания двухстадиальная, включающая операции сгущения и фильтрования (рисунок 3.1).

В пояснительной записке привести:

- описание схемы обезвоживания;
- схему корпуса обезвоживания с указанием номеров и названий продуктов.



Рисунок 3.1 – Технологическая схема корпуса обезвоживания

В графической части привести водно-шламовую схему с указанием номеров и наименований продуктов и операций, легенду для каждого продукта в формате $Q_{\text{т}}:R:Q_{\text{ж}}$, расшифровку обозначений легенды.

3.3. Расчёт водно-шламовой схемы, составление баланса по воде

При расчете водно-шламовой схемы используются следующие формулы:
Влажность продукта:

$$W_i = \frac{Q_{\text{жи}}}{Q_{\text{жи}} + Q_{\text{ти}}} 100, \% \quad (1)$$

где i – номер продукта или операции;

$Q_{\text{жи}}$ – производительность по жидкому, т/ч;

$Q_{\text{ти}}$ – производительность по твердому, т/ч.

Массовая доля твердого:

$$\beta_{\text{ти}} = \frac{Q_{\text{жи}}}{Q_{\text{жи}} + Q_{\text{ти}}} 100, \%. \quad (2)$$

Показатели W_i и $\beta_{\text{ти}}$ связаны уравнением:

$$\beta_{\text{ти}} + W_i = 100 \%. \quad (3)$$

Отношение массы жидкого к массе твердого:

$$R_i = \frac{Q_{\text{жи}}}{Q_{\text{ти}}}, \quad (4)$$

или

$$R_i = \frac{W}{\beta_{\text{ти}}}. \quad (5)$$

При расчете водно-шламовой схемы в рамках данного курсового проекта введены следующие допущения и упрощения:

- при сгущении и фильтровании вся твёрдая фаза переходит в сгущенный продукт и осадок, соответственно слив и фильтрат не содержат твердой фазы;
- производительность по переливу вакуум-фильтра не учитывается.

Исходными данными для расчета являются (приведено в задании):

- производительность по исходному продукту;
- наименование обезвоживаемого концентрата;
- массовая доля класса -0,071 мм в обезвоживаемом концентрате;
- отношение массы жидкого к массе твердого в операции сгущения.

Расчет производится по сухому твердому и оформляется в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта водно-шламовой схемы корпуса обезвоживания

ПОСТУПАЕТ					ВЫХОДИТ				
Продукт	Q_t , т/ч	R	$Q_{ж}$, т/ч	Всего, т/ч	Продукт	Q_t , т/ч	R	$Q_{ж}$, т/ч	Всего, т/ч
I. Сгущение									
1. Исходный	9,0	6,58	59,2	68,2	3. Слив	-	-	58,1	58,1
6. Фильтрат	-	-	3,8	3,8	4. Сгущённый продукт	9,0	0,54	4,9	13,9
7. Перелив	-	-	-	-					
Всего	9,0	7,00	63,0	72,0	Всего	9,0	7,00	63,0	72,0
II. Фильтрование									
4. Сгущённый продукт	9,0	0,54	4,9	13,9	5. Осадок	9,0	0,12	1,1	10,1
					6. Фильтрат	-	-	3,8	3,8
					7. Перелив	-	-	-	-
Всего	9,0	0,54	4,9	13,9	Всего	9,0	0,54	4,9	13,9

Примечание: результаты расчета приведены для $Q_{т1} = 9$ т/ч; $R_1 = 7,0$; $\beta_{т4} = 65$ %; $W_5 = 11$ %.

Расчет водно-шламовой схемы производится в следующем порядке:

- В таблицу 1 заносятся значения, указанные в задании:
 - отношение массы жидкого к массе твердого в операции сгущения R_1 , значение заносится в строку «Всего» операции сгущения;
 - производительность по исходному продукту $Q_{т1}$.
- Учитывая допущение, что при сгущении и фильтровании вся твёрдая фаза переходит в сгущенный продукт и осадок, принимается: $Q_{т1} = Q_{т4} = Q_{т5}$.
- На основании практических данных (Приложение А, Таблица А.1) принимается содержание твердого в сгущенном продукте $\beta_{т4}$. По формуле (5) с учетом формулы (3) производится расчет значения R_4 .
- На основании практических данных (Приложение А, Таблица А.2) с учетом требований к обезвоженному концентрату (Приложение А, Таблица А.3) принимается влажность осадка W_5 . По формуле (5) с учетом формулы (3) производится расчет значения R_5 .

5. Выразив из формулы (4) величину Q_{ji} , рассчитываются значения массы воды в продуктах с известными значениями Q_{ti} и R_i .
6. По балансу рассчитываются значения Q_{ji} в остальных продуктах.
7. По формуле (4) рассчитывается значение R_1 .
8. Рассчитываются значения «Всего» в столбцах и строках.

По результатам расчета водно-шламовой схемы составляется баланс по воде в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Баланс воды по корпусу обезвоживания

ПОСТУПАЕТ		ВЫХОДИТ	
Продукт	м ³ /ч	Продукт	м ³ /ч
1. Исходный	59,2	3. Слив	58,1
		5. Осадок	1,1
Всего	59,2	Всего	59,2

В пояснительной записке привести:

- исходные данные для расчета водно-шламовой схемы;
- порядок расчета водно-шламовой схемы;
- расчет водно-шламовой схемы полностью, со ссылками на формулы и обоснованием значений, принятых по практическим данным.

В графической части привести баланс воды по корпусу обезвоживания в виде таблицы.

3.4. Обоснование, выбор и расчёт оборудования

Расчет сгустителей

В данном курсовом проекте к установке принимаются радиальные сгустители с центральным приводом.

Расчет сгустителей производится в следующей последовательности:

Удельная площадь осаждения:

$$S_{уд} = \frac{R_i - R_k}{v \cdot \Delta}, \frac{м^2}{т \cdot ч}, \quad (6)$$

где R_i – отношение Ж:Т в операции сгущения (R_i);
 R_k – отношение Ж:Т в сгущенном продукте (R_k);
 v – скорость осаждения твердой фазы, м/ч ($v = 0,23$ м/ч);
 Δ – плотность жидкой фазы, т/м³ ($\Delta = 1$ т/м³).

Расчетная площадь осаждения:

$$S_{расч} = Q_T \cdot S_{уд}, м^2, \quad (7)$$

где Q_T – производительность по исходному твердому, т/ч.

Расчетное количество сгустителей:

$$n_{расч} = \frac{S_{расч}}{k \cdot S_{кат}}, м^2, \quad (8)$$

где k – коэффициент использования площади сгустителя ($k = 0,7-0,8$);
 $S_{кат}$ – площадь осаждения по каталогу, м² (Приложение Б).

К дальнейшему расчету принимается ближайшее целое число ($n_{прин}$).

Коэффициент загрузки сгустителя:

$$k_{\text{загр}} = \frac{n_{\text{расч}}}{n_{\text{прин}}} . \quad (9)$$

Значение $k_{\text{загр}}$ не должно превышать значения 1,10. Если значение $k_{\text{загр}}$ превышает 1,10, то необходимо значение $n_{\text{прин}}$ увеличить на единицу.

По формулам (6)-(9) производится расчет вариантов установки сгустителей. Все оборудование корпуса обезвоживания располагается в помещении, поэтому к рассмотрению принимаются сгустители диаметром не более 25 метров. Результаты расчета оформляются в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Техническое сравнение вариантов установки радиальных сгустителей

Обозначение	$S_{\text{кат}},$ м ²	$S_{\text{уд}},$ м ² /(т·ч)	$S_{\text{расч}},$ м ²	$n_{\text{расч}}$	$n_{\text{прин}}$	$k_{\text{загр}}$	Потребляемая мощность, кВт		Масса, т	
							одного	всех	одного	всех
СЦ-2,5	5	27,00	243,00	64,80	65	1,00	0,8	52,0	5,9	383,5
СЦ-4	12	27,00	243,00	27,00	27	1,00	1,1	29,7	8,1	218,7
СЦ-6	28	27,00	243,00	11,57	12	0,96	2,2	26,4	16,6	199,2
СЦ-9	63	27,00	243,00	5,14	6	0,86	3,0	18,0	31,2	187,2
СЦ-12	110	27,00	243,00	2,95	3	0,98	3,0	9,0	57,0	171,0
СЦ-15	175	27,00	243,00	1,85	2	0,93	4,0	8,0	78,2	156,4
СЦ-18	250	27,00	243,00	1,30	2	0,65	4,0	8,0	131,4	262,8
СЦ-25	490	27,00	243,00	0,66	1	0,66	7,5	7,5	209,2	209,2

Примечание: результаты расчета приведены для $Q_{\text{т}} = 9$ т/ч; $R_{\text{и}} = 7$; $R_{\text{к}} = 0,54$; $\nu = 0,23$ м/ч; $k = 0,75$.

На основании технического сравнения конкурирующих вариантов выбирается оптимальный вариант, удовлетворяющий требованиям:

- коэффициент загрузки в интервале 0,80-0,90;
- минимальное количество аппаратов;
- минимальная общая масса;
- минимальная общая занимаемая площадь;
- минимальная общая потребляемая мощность.

В пояснительной записке привести:

- последовательность расчета сгустителей;
- исходные данные для расчета сгустителей;
- пример расчета одного из вариантов;
- технико-экономическое сравнение вариантов с обоснованием выбора оптимального варианта.

Расчет вакуум-фильтров

Расчет вакуум-фильтров производится в следующей последовательности:
Необходимая площадь фильтрования:

$$F_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{т}}}{q}, \text{ м}^2, \quad (10)$$

где q – удельная производительность вакуум-фильтра, $\text{т}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$
(Приложение А, Таблица А.2).

Расчетное (необходимое) количество фильтров:

$$n_{\text{расч}} = \frac{F_{\text{расч}}}{F_{\text{кат}}}, \text{ м}^2, \quad (11)$$

где $F_{\text{кат}}$ – площадь фильтрования по каталогу, м^2 (Приложение В).

К дальнейшему расчету принимается ближайшее целое число ($n_{\text{прин}}$).

Коэффициент загрузки фильтра определяется по формуле (9).

По формулам (10) и (11) производится расчет нескольких вариантов. К расчету принять барабанные и дисковые вакуум-фильтры. Результаты расчета оформляются в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Техническое сравнение вариантов установки вакуум-фильтров

Обозначение	$F_{\text{кат}}, \text{ м}^2$	$F_{\text{расч}}, \text{ м}^2$	$n_{\text{расч}}$	$n_{\text{прин}}$	$k_{\text{загр}}$	Потребляемая мощность, кВт		Масса, т	
						одного	всех	одного	всех
ДОО16	16	81,82	5,11	5	1,02	1,5	7,5	4,6	23,0
ДОО32	32	81,82	2,56	3	0,85	3,5	10,5	6,3	18,9
ДОО50	50	81,82	1,64	2	0,82	5,3	10,6	8,5	17,0
ДОО63	63	81,82	1,30	2	0,65	6,9	13,8	10,1	20,2
ДОО80	80	81,82	1,02	1	1,02	7,5	7,5	12,4	12,4
ДОО100	100	81,82	0,82	1	0,82	8,0	8,0	15,4	15,4
ДОО125	125	81,82	0,65	1	0,65	9,0	9,0	21,3	21,3
ДОО160	160	81,82	0,51	1	0,51	11,0	11,0	23,9	23,9
ДОО250	250	81,82	0,33	1	0,33	13,0	13,0	30,0	30,0
ДОО400	400	81,82	0,20	1	0,20	15,0	15,0	58,0	58,0

Примечание: результаты расчета приведены для $Q_{\text{т}} = 9 \text{ т/ч}$; $q = 0,11 \text{ т}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

На основании технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов выбирается оптимальный вариант, удовлетворяющий требованиям:

- коэффициент загрузки в интервале 0,80-0,90;
- минимальное количество аппаратов;
- минимальная общая масса;
- минимальная общая занимаемая площадь;
- минимальная общая потребляемая мощность.

На каждые 3-4 работающих фильтра предусматривается один резервный.

В пояснительной записке привести:

- последовательность расчета вакуум;
- исходные данные для расчета вакуум-фильтров;

- пример расчета одного варианта;
- технико-экономическое сравнение вариантов с обоснованием выбора оптимального варианта.

3.5. Обоснование и описание схемы цепи аппаратов

На основании проведенных расчетов разработать схему цепи аппаратов.

Все насосное оборудование должно быть дублировано. На каждые 3-4 работающих вакуум-филтра предусмотреть один резервный. Схему вакуум-филтровальной установки принять самостоятельно исходя из рекомендаций /1/ с. 70-72. Привести описание составленной схемы цепи аппаратов. Составить спецификацию оборудования. Разработку схемы цепи аппаратов вести параллельно с разработкой компоновочных решений.

3.6. Обоснование и описание компоновочного решения.

Требования и примеры компоновки оборудования приведены в /2/ с. 454-463.

Все оборудование расположить в закрытом помещении. Предусмотреть установку грузоподъемного оборудования. Привести описание корпуса обезвоживания и расположения в нем оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чуянов Г. Г. Вспомогательные процессы обогащения. Обезвоживание и пылеулавливание: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. 204 с.
2. Разумов, К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик. Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 518 с.
3. Справочник по обогащению руд. Обогатительные фабрики / Под ред. О. С. Богданова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 381 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Показатели обезвоживания концентратов и требования к их влажности

Таблица А.1 – Показатели при сгущении концентратов

Наименование концентрата	Массовая доля класса -0,071 мм в концентрате, %	Массовая доля твердого в сгущенном продукте, %
Медный	65-80	65-70
	80-85	60-65
	90-95	55-60
Цинковый	75-80	60-75
	85-90	60-70
Свинцовый	55-65	50-60
	90-95	65-70

Таблица А.2 – Показатели при фильтровании концентратов

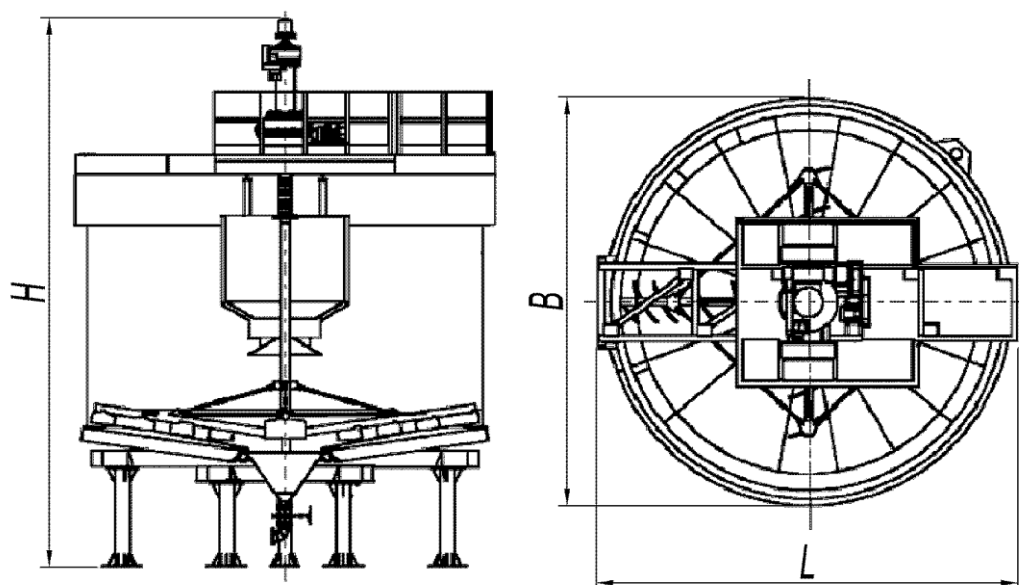
Наименование концентрата	Массовая доля класса -0,071 мм в концентрате, %	Влажность осадка, %	Удельная производительность, т/(м ² ·ч)
Медный	65-80	12-14	0,10-0,20
	80-85	10-11	0,05-0,10
	90-95	12-14	0,10-0,28
Цинковый	75-80	11-12,5	0,23
	85-90	14-16	0,10-0,15
Свинцовый	55-65	9-12	0,12-0,15
	90-95	10-12	0,15-0,20

Таблица А.3 – Требования к влажности несущих концентратов

Наименование концентрата	Массовая доля класса -0,071 мм в концентрате, %	Влажность, не более, %
Медный	не более 80 %	13
	более 80 %	14
Цинковый	менее 70 %	12
	от 70 до 80 %	14
	от 80 до 90 %	16
	более 90 %	18
Свинцовый	не более 80 %	12
	более 80 %	16

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Технические характеристики радиальных сгустителей типа СЦ

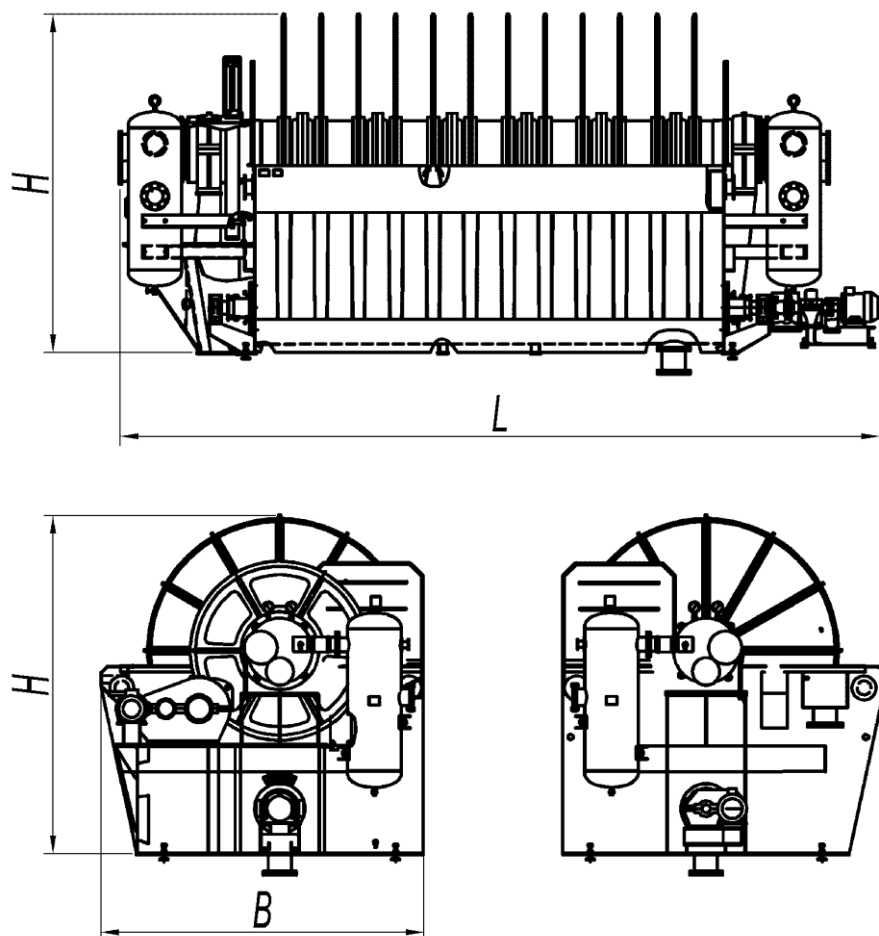


Обозначение	Внутренний диаметр чана, м	Площадь осаждения, м ²	Потребляемая мощность, кВт	Масса, т	Габаритные размеры, LxBxH*, мм
СЦ-2,5	2,5	5	0,8	5,9	2790x2600x5920
СЦ-4	4	12	1,1	8,1	4170x4110x6460
СЦ-6	6	28	2,2	16,6	6400x6170x9160
СЦ-9	9	63	3,0	31,2	9430x9170x9520
СЦ-12	12	110	3,0	57,0	12520x12170x11220
СЦ-15	15	175	4,0	78,2	15600x15170x11420
СЦ-18	18	250	4,0	131,4	18530x18170x11940
СЦ-25	25	490	7,5	209,2	27140x25170x11600

*Размер *H* указан с учетом высоты подъема граблин (400 мм).

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Технические характеристики дисковых вакуум-фильтров типа ДОО



Обозначение	Площадь филтрово- вания, м ²	Диаметр диска, м	Потребляемая мощность, кВт	Масса, кг	Габаритные размеры, $L \times B \times H$, мм
ДОО 16	16	2,5	1,49	4540	2800x3200x3300
ДОО 32	32	2,5	3,46	6300	3600x3200x3300
ДОО 50	50	2,5	5,3	8500	4400x3200x3300
ДОО 63	63	2,5	6,9	10100	5500x3200x3300
ДОО 80 «Украина»	80	2,7	3,9	10710	6640x3230x2950
ДОО 100	100	2,5	8,0	15180	7400x4000x4100
ДОО 160	160	3,2	13,0	24000	7400x4400x4500
ДОО 160 «Донбасс»	160	3,75	11,0	24890	7200x4300x4100
ДОО 200	195	3,72	11,0	27900	7910x4320x4550
ДОО 250	250	3,75	13,0	32500	9500x4400x4600



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

К. А. Водовозов

**ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ,
СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ**

*Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения*

Екатеринбург
2023

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горномеханического
факультета

Председатель комиссии

 П. А. Осипов

К. А. Водовозов

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ

*Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения*

Р е ц е н з е н т ы: д. т. н., профессор *Е. Ф. Цыпин*;
 д. т. н., профессор *А. Е. Пелевин*;
 к. т. н., доцент *А. В. Колтунов*.

Практикум рассмотрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» от «30» ноября 2015 г. (протокол № 2) и рекомендован для издания в УГГУ.

Водовозов К. А. ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ: Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / К. А. Водовозов; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. 18 с.

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ содержит постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений данной дисциплины. Пособие составлено в соответствии с учебной программой дисциплины.

Для студентов специальности 21.05.04. - «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

© Водовозов К. А., 2023

© Уральский государственный
горный университет, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ СГУЩЕНИЯ.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ.....	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСАДКА И ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ТКАНИ ..	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ.....	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА СУШКИ	15
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	18

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ СГУЩЕНИЯ

Цель работы: освоение методики определения удельной площади сгущения тонкоизмельченных и шламистых продуктов различной плотности и крупности.

Пояснения к работе

Сгушение – это метод разделения твердой и жидкой фаз, основанный на различии плотностей воды и твердого материала. Это одна из основных операций обезвоживания, позволяющих удалить максимально возможное количество воды из обезвоживаемых продуктов при минимальных затратах. Целью сгущения является получение сгущенного продукта с содержанием твердого 50-70 % и слива, обычно не содержащего твердой фазы. Скорость осаждения твердой фазы зависит от крупности и плотности частиц, их формы, содержания твердого в исходном и сгущенном продуктах, вязкости пульпы и наличия в пульпе реагентов.

Для определения удельной площади сгущения необходимо знать отношение Ж:Т до и после сгущения, а также скорость осаждения твердой фазы. Скорость осаждения частиц, рассчитанная по формуле Стокса, значительно выше, чем скорость осаждения частиц в стесненных условиях. Поэтому для получения достоверных результатов при заданных значениях Ж:Т, крупности и плотности частиц необходимо провести лабораторные эксперименты и вычислить реальную скорость осаждения частиц в стесненных условиях.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный и шламистый материал различной крупности и плотности (дается преподавателем).
2. Весы с разновесами.
3. Стекланные цилиндры емкостью 500 или 1000 мл.
4. Стержни с перфорированными дисками для перемешивания пульпы.
5. Клей канцелярский.
6. Миллиметровая бумага.

Выполнение работы

По заданным преподавателем значениям Ж:Т (R) и плотности твердой фазы δ , г/см³, рассчитывается масса твердого (G) и масса жидкого (Q) для каждого опыта по уравнениям:

$$G = \frac{V \cdot \delta}{1 + R\delta}; \quad Q = R \cdot G,$$

где V – объем пульпы, $V = 500$ см³.

Определив массы твердого и жидкого, приготавливают пульпу в цилиндрах емкостью 500 мл с объемной и линейной градуировкой, выполненной с помощью миллиметровой бумаги. Навеска твердого помещается в цилиндр, куда предварительно заливается 200-250 мл воды. Полученную пульпу перемешивают, и затем вода доливается до отметки 500 мл. Все тщательно перемешивают еще раз стержнями с перфорированными дисками в каждом цилиндре. Цилиндры с пульпой ставят на ровную, хорошо освещенную поверхность стола и фиксируют время начала опыта по часам или по секундомеру.

Через некоторое время проявляется ясная граница осаждающегося твердого, выше которой находится слой осветленной жидкости. Через каждую минуту, а затем (по мере уменьшения скорости осаднения интервалы замеров увеличивают) – через большие промежутки времени, замеряют высоту осветленного слоя h (мм) и объем сгущенной пульпы $W_{\text{сг}}$ (мл) и заносят в табл. 1.

Наблюдения за увеличивающимся слоем осветленной жидкости производят до тех пор, пока высота слоя сгущенного продукта не станет постоянной, т. е. примерно в течение 1 часа.

Обработка результатов опытов

1. Скорость осаднения твердого составит:

$$v = \frac{h}{t}, \text{ мм/мин}, \quad v = \frac{60h}{1000t}, \text{ м/ч}.$$

2. Ж:Т ($R_{\text{сг}}$) сгущенной пульпы определяется расчетным путем

$$R_{\text{сг}} = \frac{Q - (500 - W_{\text{сг}})}{G},$$

где $W_{\text{сг}}$ – объем сгущенной пульпы.

3. Удельная площадь сгущения определяется по формуле:

$$S_{\text{уд}} = \frac{R - R_{\text{сг}}}{v}, \text{ м}^2 \cdot \text{ч/т}$$

где v - скорость осаждения твердого, м/ч.

Результаты наблюдений и расчетов заносятся в табл.1.

Таблица 1

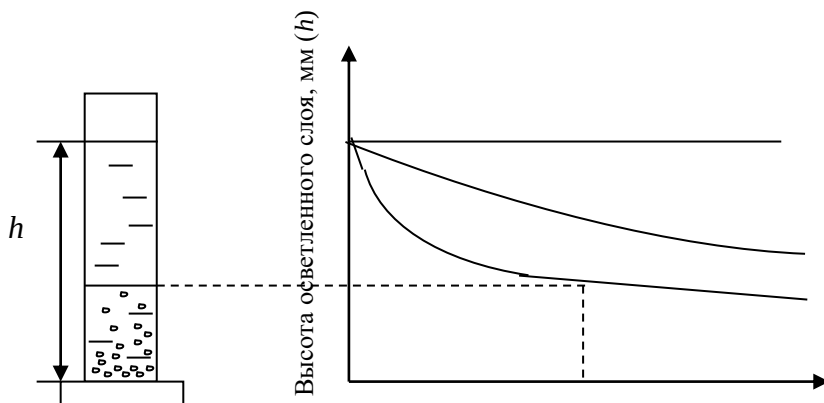
Результаты опытов

Время осаждения t , мин.	Высота осветленного слоя h , мм	Объем сгущенной пульпы, мл	Скорость осаждения твердого, м/ч	Ж:Т в сгущенной пульпе	Удельная площадь сгущения S , м ² ·ч/т

На основании полученных данных строится график, отображающий характер осаждения твердого, рис. 1.1. По оси абсцисс откладывается время отстаивания, мин.; по оси ординат – высота осветленного слоя, мм. Значение ординаты « h » должно соответствовать высоте пульпы в цилиндре.

Если опыты проводятся при различных значениях Ж:Т, то на график наносятся кривые для каждого экспериментального значения Ж:Т.

Сделать выводы о проделанной работе.



ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ

Цель работы: изучение влияния расхода полиакриламида (ПАА) на скорость осаждения твердой фазы пульпы.

Пояснения к работе

Сгущение тонкоизмельченных и шламистых продуктов является малоэффективной операцией в силу крайне малой скорости осаждения твердой фазы в стесненных условиях. Тонкие частицы из-за малой массы оседают с низкой скоростью, в результате чего резко снижается производительность сгустительных аппаратов и увеличивается содержание твердого в сливе.

Для увеличения скорости осаждения применяются синтетические водорастворимые полимерные флокулянты: полиакриламид, полиокс, праестол, суперфлок и др.

Флокулянты представляют собой линейные полимеры с большим количеством активных групп, расположенных вдоль цепочки молекулы. Полиакриламид перед подачей в процесс подвергается гидролизу – растворению в воде при температуре 323-353 °К. Цель гидролиза – разорвать длинные цепочки молекулы полимера на отдельные функционально активные звенья.

При этом резко возрастает флокулирующая способность полимера. Процесс флокуляции твердых частиц суспензии при подаче флокулянта основан на адсорбции его активных звеньев на минеральных поверхностях. При этом функционально активное звено, закрепляясь на двух частицах, образует между ними «мостик», связывающий эти частицы в агрегат, скорость осаждения которого значительно выше, чем отдельных частиц.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный материал.
2. Весы с разновесами.
3. Стеклообразные цилиндры емкостью 500 мл.
4. Стержни с дисками для перемешивания пульпы.

5. Растворы полимерных флокулянтов.

Выполнение работы

Как и в работе № 1, рассчитывается необходимая масса твердого и жидкого для проведения опытов по заданным значениям Ж:Т.

Расход флокулянта (г/т) и его рабочая концентрация (%) задается преподавателем. Опыты проводятся в трех цилиндрах при различных расходах и концентрациях флокулянта. Один из цилиндров является контрольным, в него флокулянты не подаются. После приготовления пульпы и тщательного её перемешивания, в цилиндры подают рассчитанный объем флокулянта и снова пульпу перемешивают с флокулянтом, фиксируют время и ведут отсчет перемещения границы твердое-жидкое. Порядок оформления работы такой же, как в работе № 1.

Эффективность действия флокулянтов (E) можно оценить по формуле:

$$E = \frac{v_{\phi} - v_0}{v_{\phi}} \cdot 100, \%,$$

где v_{ϕ} – скорость осаждения твердого при подаче флокулянта, м/мин;
 v_0 – скорость осаждения твердого без флокулянта, м/мин;

Описать механизм наблюдаемых явлений. Сделать вывод по проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ

Цель работы: определение влагоудерживающей способности материала (χ), скорости фильтрации воды (v) и удельного сопротивления материала движению воды (ρ).

Пояснения к работе

Естественная фильтрация или дренирование основаны на перемещении воды внутри материала под действием сил тяжести. При дренировании воды по промежуткам между частицами режим движения – ламинарный. Основной характеристикой эффективности обезвоживания материала является скорость фильтрации воды, это объем

фильтрата, прошедшего через единицу площади фильтрующей перегородки в единицу времени. Влагоудерживающая способность материала – это свойство твердых тел удерживать на своей поверхности влагу, зависящее от крупности и смачиваемости материала.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Материал различной крупности.
2. Весы с разновесами.
3. Перколятор.
4. Стекланные цилиндры емкостью 500 мл.

Выполнение работы

1. Взвешивается перколятор.
2. Перколятор заполняется исследуемым материалом и снова взвешивается.
3. Материал смачивается определенным количеством воды.
4. Воды выпускается из перколятора, и замеряется её объем.
5. Перколятор заполняется водой.
6. Вода выпускается из перколятора и замеряется время её истечения, а также объем отфильтрованной воды.

Результаты записываются в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Результаты опытов

Крупность материала, мм	Влагоудерживающая способность, %	Скорость фильтрации, м/с	Удельное сопротивление

Обработка результатов опытов

1. Влагоудерживающая способность (χ) материала определяется по формуле:

$$\chi = \frac{P_1 - P_2}{(P_1 - P_2) + P_m} 100, \%$$

где P_1 – масса воды до смачивания, г; P_2 – масса воды до смачивания, г; P_m – масса материала, г.

2. Рассчитывается скорость фильтрации.

$$v = \frac{W}{S \cdot t}, \text{ м/с,}$$

где W – объем отфильтрованной воды, м^3 ; S – площадь поперечного сечения перколятора, м^2 ; t – время фильтрования, с.

3. Удельное сопротивление материала движению воды равно:

$$\rho = \frac{\Delta}{v \cdot \mu},$$

где Δ – плотность воды, г/см^3 (кг/м^3); v – скорость фильтрации, м/с ; μ – вязкость жидкости, $0,00179 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Сделать выводы о проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСАДКА И ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ТКАНИ

Цель работы: определение удельного сопротивления осадка (ρ) и фильтровальной ткани (ρ_0) при вакуумном фильтровании тонкоизмельченных продуктов обогащения.

Пояснения к работе

Удельное сопротивление осадка и фильтровальной ткани являются одними из важнейших характеристик процесса фильтрования. В общем виде под удельным сопротивлением понимается сопротивление, которое оказывает осадок или ткань при движении жидкости через единицу площади фильтрования. Удельное сопротивление оказывает решающее влияние на скорость фильтрации, которая для мелкозернистых продуктов невелика, в силу очень малых расстояний между частицами. Поэтому для увеличения скорости фильтрации на фильтрующей перегородке искусственно создается избыточное давление или вакуум, что позволяет значительно интенсифицировать процесс фильтрования. Фильтрование под вакуумом или под избыточным давлением применяется для обезвоживаемого материала крупностью менее $0,2\text{--}0,1 \text{ мм}$.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный материал.
2. Весы с разновесами.
3. Вакуум-фильтровальная установка.
4. Секундомер.

Выполнение работы

1. По заданному преподавателем Ж:Т пульпы и объему фильтровальной воронки рассчитывается масса твердого и жидкого для опытов.

2. Приготавливается пульпа расчетной консистенции.

3. Пульпа переносится в фильтровальную воронку.

4. Открывается вакуумный кран, включается секундомер и через 10 с замеряется объем полученного фильтрата.

5. Опыт продолжается до видимого удаления воды. Величина вакуума во время опыта поддерживается на постоянном заданном значении.

Результаты записываются в табл. 4.1.

Обработка результатов опытов

Уравнение фильтрования несжимаемых осадков имеет вид:

$$\frac{t}{V} = KV + b; \quad (4.1)$$

где

$$K = \frac{\mu \cdot \rho \cdot \chi}{2\Delta P \cdot F^2}; \quad b = \frac{\mu \cdot \rho_0}{\Delta P \cdot F}, \quad (4.2)$$

где F – площадь фильтрования, м^2 ; ρ – удельное сопротивление осадка; χ – удельный объем осадка; μ – вязкость жидкости, $\text{Па} \cdot \text{с}$; ρ_0 – удельное сопротивление фильтроткани; ΔP – перепад давления, Па ; t – время фильтрования, с .

Уравнение (4.1) является уравнением прямой линии, наклоненной к оси абсцисс под углом φ , тангенс которого равен K и отсекает по оси ординат отрезок b .

$$K = \operatorname{tg} \varphi.$$

Величину χ находят опытным путем.

$$\chi = \frac{V_0}{V_{\phi}},$$

где V_0 – объем осадка, м³; V_{ϕ} – объем фильтрата, м³.

Таблица 4.1.

Результаты опытов

t_1	t_2	t_3	...	t_n
V_1	V_2	V_3	...	V_n
t_1/V_1	t_2/V_2	t_3/V_3	...	t_n/V_n

По результатам опыта строится график фильтрации, рис 4.1.

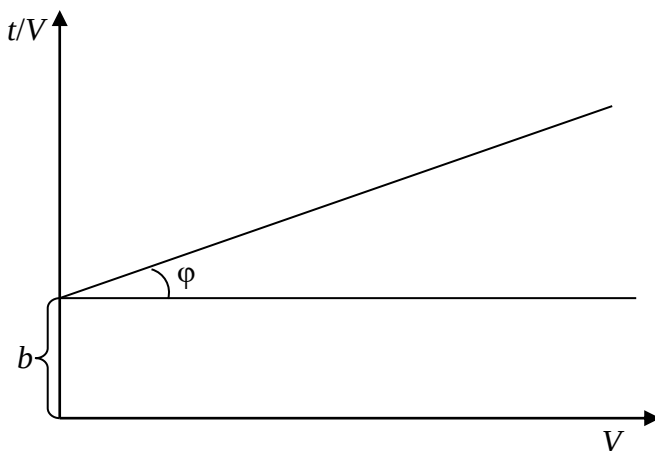


Рис. 4.1. График фильтрации

На графике фильтрации измеряются величины угла φ , значение b и по формулам (4.2) рассчитывается удельное сопротивление осадка (ρ) и фильтровальной ткани (ρ_0) для каждого опыта.

Сделать выводы по проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ НА СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ

Цель работы: изучение влияния величины центробежных сил на скорость осаждения твердой фазы и влажность осадка.

Пояснения к работе

Центробежные аппараты – центрифуги широко применяются для обезвоживания продуктов обогащения, основной характеристикой которых является фактор разделения, определяемый как отношение ускорения, развиваемого в центробежном аппарате, к ускорению свободного падения. Фактор разделения обуславливает скорость фильтрации жидкости в фильтрующих центрифугах и скорость осаждения частиц – в осадительных. Поэтому, чем больше абсолютная величина фактора разделения, тем выше эффективность обезвоживания материала в центрифуге. Фильтрующие центрифуги применяются для обезвоживания материала крупностью более 0,25 мм, а осадительные центрифуги – для сгущения тонкоизмельченных продуктов крупностью менее 0,1 мм и осветления шламовых вод.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Тонкоизмельченный материал.
2. Весы с разновесами.
3. Лабораторная центрифуга.
4. Стержни с мешалками.

Выполнение работы

1. По заданному преподавателем Ж:Т пульпы и объему стаканов центрифуги рассчитывается масса твердого и жидкого для опыта.
2. В стаканах приготавливается пульпа расчетной консистенции, и стаканы вставляются в гнезда центрифуги.
3. Включается центрифуга, и засекается время центрифугирования, заданное преподавателем.
4. Опыты проводятся с различной частотой вращения ротора при постоянном времени центрифугирования, или с различным временем при постоянной частоте вращения.

5. После остановки ротора центрифуги стаканы с пульпой извлекаются из гнезд, и замеряется высота осветленного слоя жидкости. Результаты записываются в табл. 5.1.

Обработка результатов опытов

1. Фактор разделения рассчитывается по формуле:

$$\Phi_p = \frac{D \cdot n^2}{1800},$$

где D – диаметр ротора центрифуги, м; n – частота вращения ротора, мин⁻¹.

2. Вычисляется скорость осаждения ($v_{ц}$) твердой фазы в центробежном поле:

$$v_{ц} = \frac{H}{t},$$

где H – высота осветленного слоя, м; t – время фильтрования, с.

3. Вычисляется влажность осадка (W_o)

$$W_o = \frac{M_B}{M_B + M_T} \cdot 100, \%$$

Таблица 5.1.

Результаты опытов

Номер опыта	Частота вращения, м ⁻¹	Время центрифугирования, с	Фактор разделения	Скорость осаждения частиц, м/с	Влажность осадка, %

4. По результатам опыта строится график, рис 5.1.

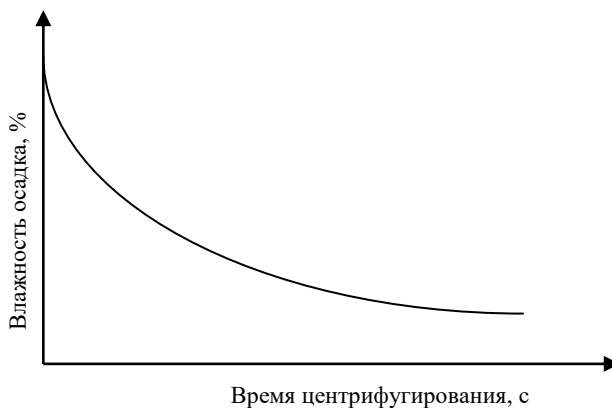


Рис. 5.1. Зависимость влажности осадка от времени центрифугирования

Сделать выводы по проделанной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА СУШКИ

Цель работы: экспериментальное определение скорости сушки (Z) и влагонапряжения сушильного аппарата (A) для материалов различной крупности.

Пояснения к работе

Термическая сушка является конечной стадией обезвоживания тонкоизмельченного материала, после которой получают продукты с заданной влажностью. При сушке одновременно протекают 2 процесса - тепло- и массообмен, интенсивность которых определяют основные показатели процесса сушки: скорость сушки и влагонапряжение сушильного аппарата. Скоростью сушки называется отношение массы испаряемой влаги к единице поверхности в единицу времени. Влагонапряжение сушильного аппарата – это отношение массы испаряемой влаги к единице объема сушилки в единицу времени. Сушке может подвергаться материал любой крупности.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

1. Материал различной крупности.
2. Весы с разновесами.
3. Фарфоровые чашки.
4. Сушильный шкаф.
5. Бюретки

Выполнение работы

1. По заданной преподавателем крупности и влажности рассчитывается массы твердого и жидкого для каждого опыта.
2. Взвешивается чашка.
3. Взвешивается чашка с расчетной массой материала.
4. В чашку с материалом подается расчетное количество воды, и все тщательно перемешивается.
5. Взвешивается чашка с материалом и водой.
6. Чашка с сырым материалом ставится в сушильный шкаф с заданной температурой, и засекается время.
7. Через определенное время сушки (5-10 мин.) чашка взвешивается и снова помещается в сушильный шкаф.
8. Взвешивание производится до получения постоянной массы. Результаты записываются в табл. 6.1.

Обработка результатов опытов

1. Рассчитывается скорость сушки (Z)

$$Z = \frac{M_{\text{и.в.}}}{F \cdot t}, (\text{кг} \cdot \text{ч})/\text{м}^2,$$

где $M_{\text{и.в.}}$ – масса испаренной воды, кг; F – площадь сушки, м^2 ; t – время сушки, ч.

2. Вычисляется влагонапряжение (A) сушильного аппарата

$$A = \frac{M_{\text{и.в.}}}{V \cdot t}, (\text{кг} \cdot \text{ч})/\text{м}^3,$$

где V – объем сушильного шкафа, м^3 ; t – время фильтрования, с.

Таблица 6.1.

Результаты опытов

Время сушки, час	Масса чашки, кг	Масса испаренной влаги, кг	Влажность материала, %	Скорость сушки, (кг·ч)/м ²	Влагонапряжение, (кг·ч)/м ³

3. По результатам опыта строится график: рис 6.1 и 6.2.

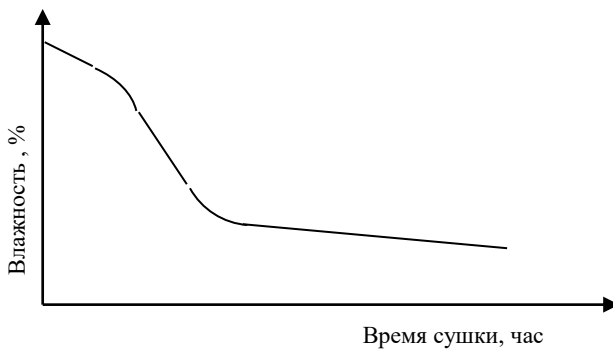


Рис. 6.1. Зависимость влажности материала от времени сушки

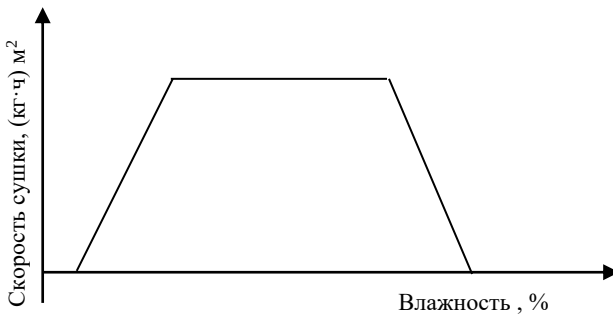


Рис. 6.2. Зависимость скорости сушки от влажности материала

4. Сделать выводы по проделанной работе

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Чуянов Г. Г. Обезвоживание, пылеулавливание и охрана окружающей среды. М.:Недра, 1987. 259 с.

Руденко К. Г., Шемаханов М. М. Обезвоживание и пылеулавливание. М.: Недра, 1981. 350 с.

Учебное издание

Константин Александрович Водовозов

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ, СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 18.01.2023 г. Бумага писчая. Формат бумаги
60×84 1/16

Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,2. Уч.-изд. л. 0,93. Тираж 100 экз. Заказ № _____

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Б1.В.04 ОБЕЗВОЖИВАНИЕ, ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЕ,
СКЛАДИРОВАНИЕ И ОКОМКОВАНИЕ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.05 ИССЛЕДОВАНИЕ НА ОБОГАТИМОСТЬ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

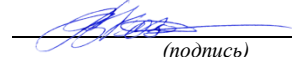
Автор: Козин В. З., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель



(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

В. З. Козин

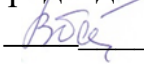
ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

*Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»*

Второе издание, исправленное, дополненное

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«11» марта 2019 г.
Председатель комиссии
 проф. В. П. Барановский

В. З. Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

*Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»*

Второе издание, исправленное, дополненное

К 59

Р е ц е н з е н т ы : *Цыпин Е. Ф.*, д.т.н., профессор
Морозов Ю. П., д.т.н., профессор
Пелевин А. Е., д.т.н., профессор
Колтунов А. В., к.т.н., доцент

Руководство рассмотрено на заседании кафедры обогащения полезных ископаемых «28» февраля 2019 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Козин В. З.

К 59 ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ: руководство по выполнению лабораторных работ. 2-е изд. исправл., доп. / В. З. Козин; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. 17 с.

Выполнение лабораторных работ закрепляет теоретические знания по исследованию руд на обогатимость. В руководстве приводятся общие пояснения к работам, порядок их выполнения, формулы для расчетов. Заканчиваются лабораторные работы выводами студентов.

Руководство составлено для студентов специальности «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

© Козин В. З., 2015, 2019
© Уральский государственный
горный университет, 2015, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 ИНДЕКС ЧИСТОЙ РАБОТЫ.....	4
Лабораторная работа № 2 ПРИБЛИЖЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	6
Лабораторная работа № 3 ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСКРЫТИЯ РУДЫ.....	8
Лабораторная работа № 4 КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ ПРОБ.....	10
Лабораторная работа № 5 ПОГРЕШНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЫТОВ.....	12
Лабораторная работа № 6 ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ РУДЫ	14
Лабораторная работа № 7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ	16

Лабораторная работа № 1 ИНДЕКС ЧИСТОЙ РАБОТЫ

Цель работы: изучение методики определения индекса чистой работы.

Пояснения к работе

Одной из основных оценок физико-механических свойств руды является индекс чистой работы. Эта величина обозначается W_i и имеет размерность кВт·ч/т. Предполагается, что такую работу необходимо выполнить, чтобы изменить размер кусков руды от бесконечного до 0,1 мм (100 мкм).

Для расчета W_i необходимо выполнить опыт, в котором измеряются начальный и конечный при дроблении размер кусков руды D_{80} и d_{80} (в формулу подставляют размер в мкм), массу переработанной пробы M в тоннах, расход энергии в кВт·ч при дроблении ΔP и на холостом ходу ΔP_{xx} за тот же промежуток времени, что и при дроблении.

Связь между ними:

$$\frac{\Delta P - \Delta P_{xx}}{M} = 10 \cdot W_i \cdot \frac{\sqrt{D_{80}} - \sqrt{d_{80}}}{\sqrt{D_{80}} \cdot \sqrt{d_{80}}}.$$

Коэффициент 10-размерный. Его размерность $\sqrt{\text{мкм}}$. Тогда размерность W_i будет кВт·ч/т.

Для выполнения работы необходимы:

1. Щековая и валковая дробилки.
2. Проба массой 2 кг, крупностью 25 мм.
3. Набор сит: 25; 13; 6; 3; 1,5; 0,5 мм.
4. Счетчик расхода электроэнергии.
5. Секундомер.
6. Весы.

Выполнение работы

1. Получить пробу массой $M \cong 2$ кг и крупностью $d_{\max} = 25$ мм (или додробить ее до $d_{\max} \cong 25$ мм).
2. Взвесить пробу M (кг) и рассеять ее на классы крупности.
3. Построить гранулометрическую характеристику и определить крупность исходной пробы D_{80} , мм, по гранулометрической характеристике.
4. Настроить щековую дробилку для дробления пробы до крупности 6 мм.
5. Записать начальные показания счетчика $P_{\text{нач}}$, Вт·ч.
6. Включить дробилку и секундомер.
7. Загружая равномерно дробилку, пропустить через нее пробу.
8. Выключить дробилку и секундомер.
9. Записать конечные показания счетчика $P_{\text{кон}}$, Вт·ч, и продолжительность дробления $t_{\text{др}}$, с.
10. Определить $\Delta P = P_{\text{кон}} - P_{\text{нач}}$.

11. Включить дробилку на холостом ходу на время $t_{др}$ и найти $\Delta P_{xx} = P_{кон\ xx} - P_{нач\ xx}$.

12. Выполнить ситовой анализ дробленой пробы и построить гранулометрическую характеристику и определить крупность дробленой пробы d_{80} (мм) по гранулометрической характеристике.

13. Рассчитать W_i , подставляя ΔP в кВт·ч, M в тоннах, D_{80} и d_{80} в мкм.

14. Повторить работу по позициям 1-13 на валковой дробилке, приняв дробленую на щековой дробилке пробу за исходную и настроив валковую дробилку для дробления до крупности 1-2 мм.

В процессе выполнения работы получаемые величины записываются в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений и расчетов

Показатели	Размерность	Дробилки	
		щековая	валковая
1. Масса пробы, M	кг		
2. Исходная крупность, D_{80}	мм		
3. Расход электроэнергии $P_{нач}$ $P_{кон}$	Вт·ч		
4. Продолжительность дробления, $t_{др}$	с		
5. Расход электроэнергии $P_{нач\ xx}$ $P_{кон\ xx}$	Вт·ч		
6. Крупность дробленого продукта, d_{80}	мм		
7. Индекс чистой работы, W_i	кВт·ч/т		

На основании работы студент делает вывод:

Соответствие полученных значений W_i известным в литературе.

Лабораторная работа № 2 ПРИБЛИЖЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Цель работы: изучение методики приближенно-количественного минералогического анализа и его погрешностей.

Пояснения к работе

Один из основных и экспрессных способов количественной оценки минерального состава руды или продуктов обогащения – приближенно-количественный минералогический анализ.

В основе лежит оптический метод распознавания минералов с привлечением в отдельных случаях простейших вспомогательных приемов (микрохимические реакции, люминесценция и т. п.). Метод получает большое распространение с развитием техники (Видео - мастер, Минерал С7 и др.) для распознавания минералов и расчета массовых долей.

Классический (ручной) вариант состоит в том, что отбирают 500 зерен подготовленного (раскрытого) материала, выделяют зерна искомого минерала, после чего находят массовую долю минерала. Анализ проводится в узком классе крупности.

Выполнение работы

Работу выполняют на модельном материале – кварцевой крупке с внесенными в нее маркерами из цветного стекла, играющими роль определяемого материала.

В пакет с кварцевой крупкой массой 100 граммов крупностью –3+1,5 мм помещаем 2 грамма маркеров. Массовая доля маркеров составляет 2 %.

Отбирают от пакета сокращением на желобчатом делителе навеску примерно 500 зерен (степень сокращения 16), взвешивают ее, подсчитывают реальное число зерен в навеске n , подсчитывают число маркеров в ней и взвешивают их. Возвращают навеску в пакет и отбирают новую навеску, взвешивают ее, подсчитывают число маркеров и взвешивают их. Работу выполняют $N = 30-50$ раз. Полученные результаты заносят в табл. 2.1.

Массовую долю маркеров определяют по отношению масс:

$$\alpha = \frac{q_m}{q_n} \cdot 100, \%$$

По данным табл. 2.1 подсчитывают среднеквадратичную погрешность оценки массовой доли:

$$S_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{N - 1}}$$

и относительную погрешность:

$$P_{\alpha} = \frac{2 \cdot S_{\alpha}}{\bar{\alpha}} \cdot 100, \%$$

Таблица 2.1

Результаты отбора навесок и определения массовой доли

№	Масса навески q_n	Число маркеров n_m	Масса маркеров q_m	Массовая доля маркеров α
1				
2				
3				
4				
5				
...				
N				
Среднее				

Теоретическая погрешность приближенно-количественного минералогического анализа:

$$P_{\alpha} = 9 \cdot \sqrt{\frac{100 - \bar{\alpha}}{\bar{\alpha}} \cdot \frac{500}{n}}, \%$$

Здесь $\bar{\alpha}$ – средняя массовая доля маркеров;

n – реальное число зерен в навесках.

На рисунке изображаем распределение массовой доли α в навесках.

На основании работы студент делает выводы:

1. Как соответствуют средние массовые доли и погрешности в эксперименте теоретическим?

2. Как можно добиться меньшей погрешности?

Лабораторная работа № 3

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСКРЫТИЯ РУДЫ

Цель работы: экспериментально получить характеристики раскрытия руды.

Пояснения к работе

Раскрытие руды – важнейший показатель, определяемый при исследованиях на обогатимость. Обычно раскрытие руды определяется для узких классов с последующим изображением зависимостей раскрытия от крупности.

Количественно раскрытие оценивается долей раскрытого компонента по числу зерен: $P_m = n_{pm} / n_m$; $P_{п} = n_{рп} / n_{п}$; $P_{ср} = n_{ср} / n$.

Так, для ситуации  $n = 9$; $n_m = 2 + 2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,25 = 3,25$; $n_{п} = 4 + 2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,75 = 5,75$.

$$P_m = \frac{n_{pm}}{n_m} = \frac{2}{3,25} = 0,62;$$

$$P_{п} = \frac{n_{рп}}{n_{п}} = \frac{4}{5,75} = 0,70;$$

$$P_{ср} = \frac{n_{ср}}{n} = \frac{3}{9} = 0,33.$$

Здесь P_m – доля раскрытых зерен минерала; $P_{п}$ – доля раскрытых зерен породы; $P_{ср}$ – доля сrostков; n_m – число зерен минерала; n_{pm} – число раскрытых зерен минерала; $n_{рп}$ – число раскрытых зерен породы; $n_{ср}$ – число сrostков; n – общее число зерен.

Для выполнения работы необходимы:

1. Проба руды массой 1 кг, крупностью 25+0 мм.
2. Набор сит.
3. Видео - мастер.

Выполнение работы

Пробу делят на классы в соответствии с набором сит. Рассеянный материал нужно взвесить и построить ситовую характеристику, результаты в табл. 3.1. Отобрать в каждом классе 100-200 кусков. Каждый из кусков осматривают, определяют раскрытый ли это кусок минерала или породы, или сrostок и его вид (богатый, рядовой или бедный), занося значок, соответствующий одному куску, в табл. 3.1.

По формулам:

$$P_m = \frac{n_{pm}}{n_{pm} + 0,75n_{бог} + 0,5n_{ряд} + 0,25n_{бед}};$$

$$P_{п} = \frac{n_{рп}}{n_{рп} + 0,25n_{бог} + 0,5n_{ряд} + 0,75n_{бед}};$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{n_{\text{бог}} + n_{\text{р}} + n_{\text{бед}}}{n_{\text{рм}} + n_{\text{бог}} + n_{\text{р}} + n_{\text{бед}} + n_{\text{рп}}}$$

находят доли раскрытого минерала $P_{\text{м}}$, породы $P_{\text{п}}$ и сростков $P_{\text{ср}}$.

Таблица 3.1

Результаты осмотра кусков

№	Класс, мм	Доля класса r	Раскрытые зерна минерала	Сростки богатые (0,75) $n_{\text{бог}}$	Сростки рядовые (0,5) $n_{\text{ряд}}$	Сростки бедные (0,25) $n_{\text{бед}}$	Раскрытые зерна породы $n_{\text{рп}}$
1	–25+12		х	—	ххх	хххххххх	хххххх
2	–12+6		ххх	—	хххх	хххх	ххх
3	–6+3		и т. д.				
4	–3+1,5						
5	–1,5+1,0						
6	–1,0+0,5						
7	–0,5	Необогатимый класс					

На рисунке строят диаграмму раскрытия и выделяют технологические классы крупности.

Доли технологических классов $r_{\text{ти}}$ находят по кумулятивной характеристике гранулометрического состава.

Относительное количество выделяемой породы и минерала (выходы) находят в долях единицы по формулам:

$$\gamma_{\text{ми}} = P_{\text{ми}} \cdot r_{\text{ти}};$$

$$\gamma_{\text{пи}} = P_{\text{пи}} \cdot r_{\text{ти}}.$$

Расчет сводим в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Технологический класс	Доли технологических классов $r_{\text{т}}$	$P_{\text{м}}$	Выход минерала $\gamma_{\text{м}}$	$P_{\text{п}}$	Выход породы $\gamma_{\text{п}}$
$i = 1$					
2					
3					
4					

На основании работы студент делает вывод:

Как установлены границы технологических классов?

Лабораторная работа № 4

КАЧЕСТВО ПОДГОТОВКИ ПРОБ

Цель работы: оценка качества подготовки проб к технологическим опытам.

Пояснения к работе

Технологические опыты обычно выполняют на небольших навесках. Для этого начальную пробу делят на несколько порций – навесок. Эта работа – сокращение пробы – связана с погрешностями:

- теоретическая погрешность сокращения S_c ;
- погрешность исполнителя $S_{\text{и}}$.

Общая погрешность подготовки пробы $S_{\text{п}}$:

$$S_{\text{п}}^2 = S_c^2 + S_{\text{и}}^2.$$

Теоретическая погрешность сокращения:

$$S_c^2 = 2f \cdot S_k^2 \cdot \rho(\bar{d})^3 \cdot \left(\frac{1}{q_{\text{нав}}} - \frac{1}{q_{\text{пр}}} \right).$$

Здесь f – коэффициент формы; $f \approx 0,5$; ρ – плотность пробы, $\rho = 2650 \text{ кг/м}^3$; $\bar{d}$ – средний размер частиц пробы, м; $q_{\text{пр}}$, $q_{\text{нав}}$ – масса пробы и навески, кг; S_k^2 – покусковая дисперсия; для бедных продуктов:

$$S_k^2 = \frac{\rho_{\text{м}}}{\rho_{\text{п}}} \cdot \alpha \cdot \beta_{\text{м}},$$

где $\alpha = \bar{\alpha}$ – массовая доля ценного компонента – магнетита в пробе; $\beta_{\text{м}} = 100 \%$; $\rho_{\text{м}}$, $\rho_{\text{п}}$ – плотность магнетита и породы, $\rho_{\text{м}} = 5000 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{\text{п}} = 2650 \text{ кг/м}^3$.

Погрешность подготовки пробы:

$$S_{\text{п}}^2 = \frac{\sum (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n_0 - 1}.$$

Здесь α_i – массовая доля магнетита в навеске; n_0 – число параллельных навесок.

Погрешность исполнителя:

$$S_{\text{и}}^2 = S_{\text{п}}^2 - S_c^2.$$

Относительные погрешности:

$$P_{\text{п}} = \frac{2S_{\text{п}}}{\alpha} \cdot 100, \%$$

$$P_c = \frac{2S_c}{\alpha} \cdot 100, \%$$

$$P_{\text{и}} = \frac{2S_{\text{и}}}{\alpha} \cdot 100, \%.$$

Отношение $S_{\text{п}}^2 / S_c^2 = K$ показывает качество работы исполнителя.

Выполнение работы

Студент получает пакет с кварцем массой около 0,5 кг и пакет с магнетитом массой около 10 г. Крупности кварца и магнетита одинаковы – 1+0,5 мм. Студент взвешивает их и смешивает.

С помощью желобчатого сократителя делит смесь на 8 навесок. Взвешивает навески, получая $q_{i\text{нав}}$. С помощью ручного магнита в чехле РМЧ-1 выделяет магнетит и взвешивает его, получая $q_{i\text{маг}}$. Рассчитывает массовую долю магнетита в навеске α_i . Результаты записывают в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты опытов

n_o	Масса навески $q_{i\text{нав}}$	Масса магнетита $q_{i\text{маг}}$	Массовая доля магнетита α_i
1			
2			
...			
8			
Среднее			

Находим сумму масс магнетита в навесках: $q_{\text{маг}} = \sum_i q_{i\text{маг}}$. Эта масса $q_{\text{маг}}$ должна совпасть с массой полученного магнетита.

При необходимости повторить извлечение магнетита из навесок с помощью РМЧ-1 и исправить результаты в табл. 4.1.

Выполняем расчеты погрешностей. Результаты расчетов заносим в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Погрешности подготовки проб

	Подготовки	Сокращения	Исполнителя
Погрешности (дисперсии)	$S_{\text{п}}^2 =$	$S_{\text{с}}^2 =$	$S_{\text{и}}^2 =$
Относительные погрешности	$P_{\text{п}} =$	$P_{\text{с}} =$	$P_{\text{и}} =$

Находим качество работы исполнителя K .

На основании работы студент делает выводы:

1. Как можно уменьшить погрешность сокращения?
2. Каково качество работы исполнителя по подготовке навесок?

Лабораторная работа № 5

ПОГРЕШНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЫТОВ

Цель работы: оценка величины погрешностей технологических опытов.

Пояснения к работе

Результаты параллельных технологических опытов обычно различны в связи с погрешностями выполнения отдельных операций опытов, а также в связи с отличиями отдельных навесок друг от друга.

Если выполнить n_o параллельных опытов и найти такие показатели, как качество концентрата β , хвостов ϑ , то можно найти абсолютные среднеквадратичные и относительные погрешности результатов опытов:

$$S_{\beta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_o} (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n_o - 1}};$$
$$P_{\beta} = \frac{2S_{\beta}}{\bar{\beta}} \cdot 100, \%$$

Здесь $\bar{\beta}$ – среднее значение качества концентрата для n_o опытов; S_{β} и P_{β} определяются по аналогичным формулам.

Погрешности результатов S_{β} , S_{ϑ} складываются из погрешности технологических опытов $S_{то}$ и погрешности анализа $S_{ан}$ величин β , ϑ :

$$S_{\beta}^2 = S_{то\beta}^2 + S_{ан\beta}^2;$$

$$S_{\vartheta}^2 = S_{то\vartheta}^2 + S_{ан\vartheta}^2.$$

Из этих уравнений можно найти $S_{то}$ и $P_{то}$.

Погрешности анализа одной i -й навески

$$S_{ан\beta i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{ан}} (\beta_{ij} - \bar{\beta}_i)^2}{n_{ан} - 1};$$
$$S_{ан\vartheta i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{ан}} (\vartheta_{ij} - \bar{\vartheta}_i)^2}{n_{ан} - 1}.$$

Здесь $n_{ан}$ – число параллельных анализов на рентгенофлюоресцентном анализаторе. Рекомендуется $n_{ан} = 6$ на каждой из 4-х навесок.

Находим среднюю погрешность анализа:

$$(\bar{S}_{ан\beta})^2 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^4 S_{ан\beta i}^2;$$

$$(\bar{S}_{ан\vartheta})^2 = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^4 S_{ан\vartheta i}^2.$$

Относительная погрешность анализа

$$P_{\text{ан}\beta} = \frac{2\bar{S}_{\text{ан}\beta}}{\bar{\beta}} \cdot 100, \%$$

$$P_{\text{ан}\vartheta} = \frac{2\bar{S}_{\text{ан}\vartheta}}{\bar{\vartheta}} \cdot 100, \%$$

Здесь $\bar{\beta}$ и $\bar{\vartheta}$ - средние значения β и ϑ .

Находим погрешности технологических опытов по формулам

$$P_{\text{то}\beta}^2 = P_{\beta}^2 - P_{\text{ан}\beta}^2 ;$$

$$P_{\text{то}\vartheta}^2 = P_{\vartheta}^2 - P_{\text{ан}\vartheta}^2 .$$

Выполнение работы

Студент получает пакет Cu-содержащей руды массой около 1 кг, крупностью $-3+0$ мм и с помощью желобчатого сократителя делит руду на 8 частей. Четыре части после третьей ступени сокращения возвращает в пакет, а четыре части становятся параллельными навесками.

Работа выполняется с каждой навеской последовательно: измельчение – флотация – сушка – обработка пробы – анализ.

Измельчение проводят в стержневой мельнице в течение 10 минут. Т : Ж = 1 : 1; масса стержней – примерно 1,3 кг.

Флотацию проводят в лабораторной флотомашине с камерой емкостью 0,75 л в течение 5 минут при режимах:

- расход вспенивателя – 80 г/т;
- расход собирателя – 100 г/т;
- расход CaO – 1,5 г в навеску руды в измельчение.

Концентрат и хвосты фильтруют, сушат, взвешивают и анализируют на медь. Результаты записывают в табл. 5.1. По балансу находят массовую долю меди в руде.

Таблица 5.1

Результаты параллельных опытов флотации медной руды

Номер опыта	Масса, г			Массовые доли меди, %	
	навески	в концентрате	в хвостах	в концентрате β	в хвостах ϑ
1				6 анализов	6 анализов
2				— // —	— // —
3				— // —	— // —
4				— // —	— // —
Среднее					

Относительные погрешности сводим в табл. 5.2.

Относительные погрешности массовых долей

Величины	Относительные погрешности		
	параллельных опытов	анализа	технологических операций
Массовая доля в концентрате	$P_{\beta} =$	$P_{\text{ан}\beta} =$	$P_{\text{то}\beta} =$
Массовая доля в хвостах	$P_{\gamma} =$	$P_{\text{ан}\gamma} =$	$P_{\text{то}\gamma} =$

На основании работы студент делает вывод:

Каково соотношение погрешностей технологических операций и анализа продуктов?

Лабораторная работа № 6 ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ РУДЫ

Цель работы: определение ценности руды.

Пояснения к работе

Любая руда или техногенное сырье состоит из различных минералов. Каждый из минералов и составляющих их элементов может быть использован и поэтому имеет свою цену.

Природная ценность руды (стоимость возможных продуктов) в рублях на тонну:

$$C_{\text{пр}} = \sum_i \gamma_i \cdot C_i.$$

Здесь γ_i – выход концентрата, элемента или какого-то другого компонента руды, д. е.; C_i – цена соответствующего компонента, получаемого из руды, руб./т.

Выполнение работы

Студент получает таблицу с минералогическим и элементным составом руды.

Ориентируясь на состав руды и представления о возможных полезных продуктах, которые могут быть получены из руды, студент составляет варианты ее использования с оценкой ценности руды (табл. 6.1), полагая извлечение минералов в концентраты 100 %.

Варианты использования назначаются по опыту работы предприятий, излагаемому в специальных дисциплинах.

Студент составляет два варианта схем обогащения и таблиц по форме табл. 6.1:

- 1) традиционные концентраты и хвосты;
- 2) безотходная технология.

Полезные продукты и ценность продуктов, получаемых из 1 тонны руды
Вариант № _____

№	Полезные продукты	Выход γ_i , %	Масса ценного компонента в 1 т руды, M_{it}	Цена C_i , руб./т	Ценность (стоимость) $C_i = M_i \cdot C_i$, руб.
	Всего:	100 %		—	$C_{пр} =$

Пример для асбестовой руды

- 1) асбест, хвосты;
- 2) асбест, железо, золото, магний, кварц, стройматериалы.

Пример для медно-цинковой руды

- 1) Cu и Zn концентраты, хвосты;
- 2) Cu и Zn концентраты, золото, серебро, сера, железо, стройматериалы.

Пример для золотосодержащей руды

- 1) пиритный золотосодержащий концентрат, хвосты;
- 2) золото, кварцевый концентрат, полевошпатовый и слюдяной концентрат, стройматериалы.

Выходы полезных продуктов, получаемых из одной тонны руды, следует рассчитать, руководствуясь составом руды.

Выходы строительных материалов назначаем в соответствии с возможной крупностью удаляемой в хвосты породы.

Цены на металлы, неметаллы и стройматериалы берем по текущим сведениям в Интернете.

Цена хвостов – отрицательная, по стоимости затрат на складирование и величины экологического ущерба.

На основании работы студент делает вывод:

Доля извлекаемой ценности по традиционной технологии по сравнению с безотходной.

Лабораторная работа № 7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

Цель работы: критическое изучение фактических технологических регламентов обогатительных предприятий.

Пояснения к работе

С целью строительства или реконструкции обогатительных предприятий постоянно разрабатываются технологические регламенты. Разработка регламента связана с возможностями разрабатывающей организации, требованиями заказчика, общим уровнем требований к современным фабрикам, традиционностью мышления и опытом разработчиков регламента. В итоге любой технологический регламент является документом, в котором не использованы многие возможности переработки руды.

Студент 5-го курса обладает современными знаниями о технологиях обогащения, он не ограничен требованиями заказчика и может увидеть дополнительные возможности переработки рассматриваемой руды.

Выполнение работы

Получив технологический регламент обогатительной фабрики, студент изучает его, оценивает полноту исследований обогатимости руды и предлагает схему обогащения **на основе оценки потенциальной ценности руды.**

В отчете о работе он представляет:

1. Критические замечания по всему регламенту – недостатки.
2. Технологическую схему, дополняющую разработанную.

На основе выполненной работы студент делает вывод:

Уровень технологического регламента по сравнению с уровнем переработки аналогичных руд.

Учебное издание

Владимир Зиновьевич Козин

ИССЛЕДОВАНИЕ РУД НА ОБОГАТИМОСТЬ

Руководство по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»

Второе издание, исправленное, дополненное

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 25.03.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 50 экз. Заказ № 13

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники.



Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

**КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК**

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического факультета
«___» _____ 2017 г.

Председатель комиссии

_____ проф. В. П. Барановский

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

УДК 622.7: 622.342
М 80

Рецензент: *Колтунов А. В.*, канд. техн. наук, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 09 февраля 2017 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Морозов Ю. П., Пеньков П. М., Бекчурина Е. А.

М 80 Проектирование обогатительных фабрик. Компонировка оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик: учебно-методическое пособие / Ю. П. Морозов, П. М. Пеньков, Е. А. Бекчурина; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2017. – 30 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в отделениях измельчения в шаровых и стержневых мельницах, в отделениях измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления, приведены примеры компоновочных решений отделений измельчения обогатительных фабрик.

Для студентов всех форм обучения специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 21.05.04 – «Горное дело».

УДК 622.7: 622.342

© Уральский государственный
горный университет, 2017
© Морозов Ю. П., Пеньков П. М.,
Бекчурина Е. А., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах	5
2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения	14
3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления	17
4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29

ВВЕДЕНИЕ

Компоновка оборудования в отделениях измельчения является важным этапом разработки компоновочных решений цехов обогатительной фабрики. Обычно оборудование для измельчения размещается в отделениях измельчения и доизмельчения главного корпуса обогатительной фабрики. Возможно для сухих методов измельчения компоновочное решение с размещением оборудования в отдельном цехе измельчения.

В учебной литературе по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» приводятся сведения по компоновке оборудования в отделениях измельчения, которые дают только общее представление о компоновочных решениях, не раскрывают правил и условий разработки компоновочных решений.

Настоящее учебно-методическое пособие направлено на упорядочение и углубление знаний по размещению оборудования в отделениях измельчения. Оно включает компоновку оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах, в мельницах само- и полусамойзмеления, в измельчающих валках высокого давления.

Для отделений измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами рассмотрены правила размещения оборудования в бункерном пролете и в пролетах измельчения. Рассмотрены условия самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором, условия расположения гидроциклонов в отделениях измельчения, условия размещения ремонтно-монтажных площадок, кранов и других грузоподъемных средств.

Для отделений измельчения в мельницах само- и полусамойзмеления рассмотрены варианты компоновки оборудования при совмещении мельниц само- и полусамойзмеления с дробилками для дробления трудных классов крупности и с шаровыми мельницами во второй стадии измельчения.

Для отделений измельчения в измельчающих валках высокого давления (ИВВД) рассмотрены варианты совместного использования мельниц самоизмельчения с ИВВД, варианты размещения ИВВД в отдельном цехе.

Компоновочные решения отделений измельчения иллюстрируются примерами возможных вариантов компоновки с анализом особенностей, достоинств и недостатков.

1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах

Отделения измельчения в стержневых и шаровых мельницах на обогатительных фабриках обычно включены в состав главного корпуса вместе с отделениями обогащения и отделениями, реализующими вспомогательные процессы.

Отделение измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами включает бункерный пролёт и, в зависимости от количества мельниц, один или два пролёта измельчения.

В бункерном пролёте располагаются распределительный бункер и системы конвейеров для подачи руды в распределительный бункер и для подачи руды из распределительного бункера в мельницы.

Распределение руды по ячейкам распределительного бункера осуществляется чаще всего с помощью конвейера со сбрасывающей тележкой.

Наиболее широко на обогатительных фабриках в отделениях измельчения предусматриваются подвесные параболические бункеры, разгрузка руды из которых осуществляется через выпускные отверстия, расположенные на расстоянии друг от друга 3 или 6 м. Разгрузка руды из бункеров осуществляется на горизонтальные или наклонные ленточные конвейеры, подающие руду в мельницы.

Пример компоновки оборудования в бункерном пролёте отделения измельчения приведён на рисунке 1.1.

Компоновочное решение включает магистральный конвейер 1, конвейер со сбрасывающей тележкой 2, распределительный бункер 3 с питателями 4, сборные конвейеры 5, конвейеры 6, кран-балку 7. Исходная руда магистральным конвейером 1 подаётся на конвейер 2 со сбрасывающей тележкой, который распределяет руду по ячейкам распределительного бункера 3. Руда из ячеек бункера 3 с помощью питателя 4 разгружается на сборные конвейеры 5, далее направляется на конвейеры 6, которые подают руду в мельницы. Количество конвейеров 5 и 6 определяется количеством ячеек в распределительном бункере и мельниц в первой стадии измельчения.

В пролётах измельчения располагаются мельницы, классифицирующее оборудование, зумпфы с насосами, мостовые краны. Мельницы в пролёте измельчения располагаются в один или два ряда перпендикулярно или параллельно оси бункеров.

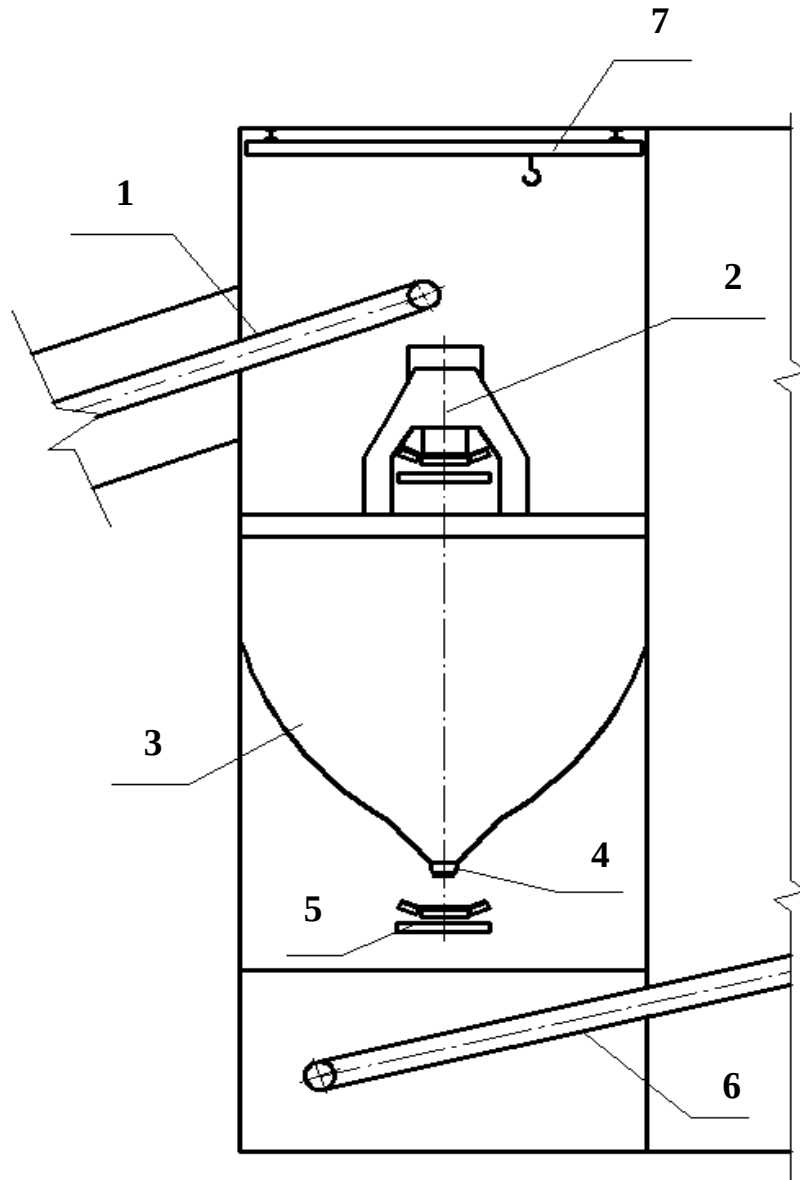


Рисунок 1.1 – Компоновочное решение бункерного пролёта отделения измельчения:
 1 – магистральный конвейер; 2 – конвейер со сбрасывающей тележкой;
 3 – распределительный бункер; 4 – питатель; 5, 6 – конвейеры; 7 – кран-балка

При размещении стержневых мельниц со стороны разгрузки измельченного материала должно быть предусмотрено свободное пространство для обеспечения загрузки стержней в мельницу. Классифицирующее оборудование располагается по отношению к мельницам таким образом, чтобы обеспечивался самотёк песков в мельницу. Спиральные классификаторы, обеспечивающие самотечный замкнутый цикл измельчения, размещаются параллельно мельнице таким образом, чтобы обеспечить самотёк слива мельницы в спиральный классификатор и песков спирального классификатора в мельницу.

Пример компоновочного узла мельницы со спиральным классификатором при самотёчном замкнутом цикле приведён на рисунке 1.2.

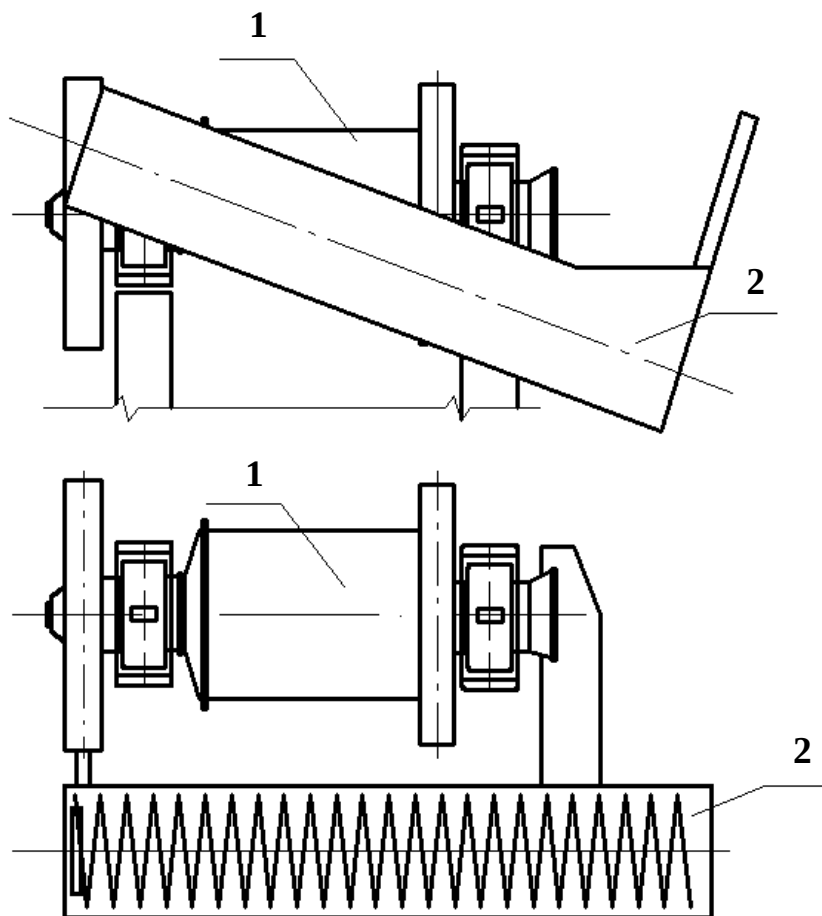


Рисунок 1.2 – Компоновочное решение самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором:
1 – мельница; 2 – спиральный классификатор

Если мельницу и классификатор невозможно замкнуть самотёком, то применяют компоновочные решения с реализацией принудительной подачи слива мельницы в спиральный классификатор, например, с помощью улиткового подъёмника на мельнице, насоса или элеватора.

В узких пролётах измельчения возможна компоновка с размещением мельницы и спирального классификатора на одной оси с самотёчной подачей песков классификатора в мельницу. Пример такого решения приведён на рисунке 1.3.

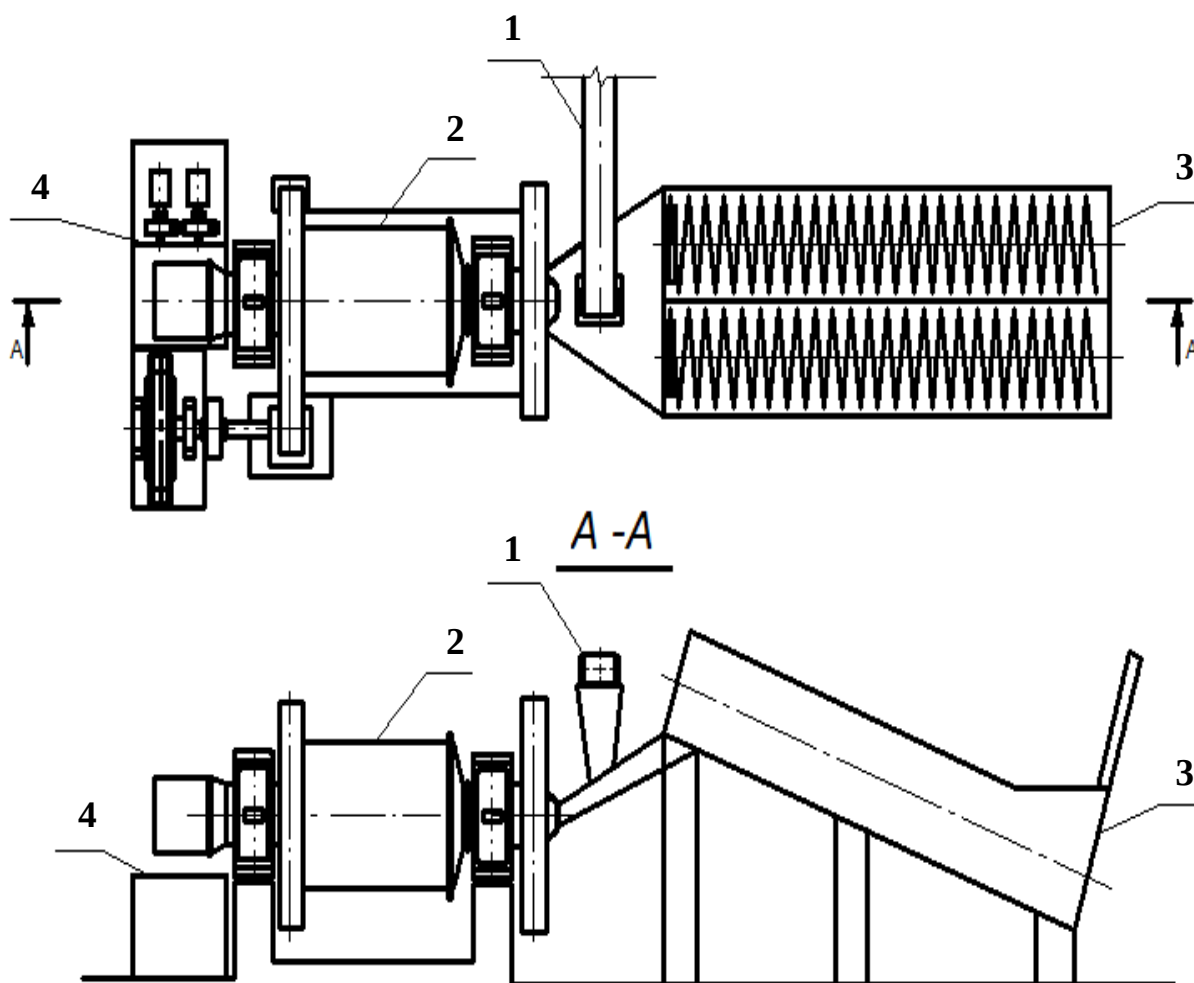


Рисунок 1.3 – Компонувочное решение отделения измельчения с соосным размещением мельницы и спирального классификатора:
1 – конвейер; 2 – мельница; 3 – спиральный классификатор; 4 – зумпф с насосами

Компонуночное решение включает конвейер 1, мельницу 2, спиральный классификатор 3, зумпф 4 с насосами. Руда конвейером 1 подаётся в мельницу 2. Слив мельницы 2 поступает в зумпф 4 и насосами направляется в спиральный классификатор 3, пески которого поступают в мельницу 2.

Гидроциклоны для обеспечения самотёка песков в мельницу размещаются в измельчительном пролёте на площадке сверху загрузочного торца мельницы. Гидроциклоны на площадке могут размещаться в ряд (ёлочкой) или по кругу (звездой). Подача пульпы в гидроциклоны осуществляется насосами через питающую трубу. Примеры расположения гидроциклонов на площадке показаны на рисунке 1.4.

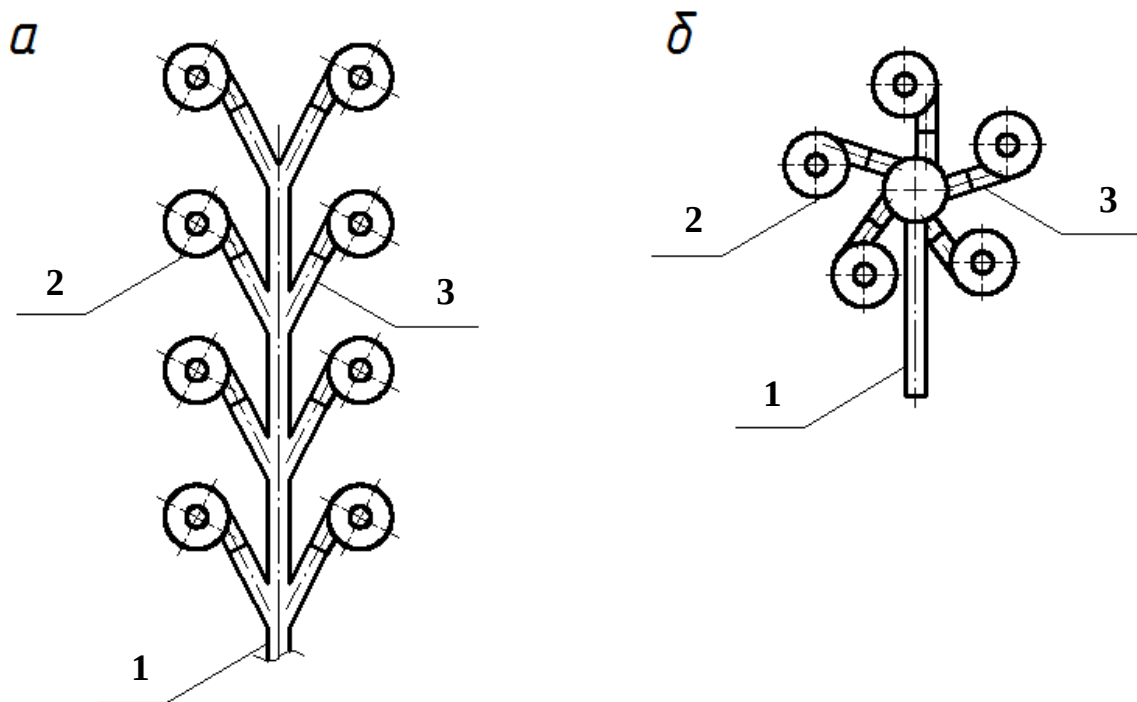


Рисунок 1.4 – Примеры расположения гидроциклонов «ёлочкой» (а) и «звездой» (б):
1 – питающая труба; 2 – гидроциклоны; 3 – подводящие патрубки

При расположении «ёлочкой» (рисунок 1.4,а) гидроциклоны размещаются в один или два ряда, для сбора и транспортирования песков в мельницу снизу гидроциклонов предусматриваются наклонные желоба. При большом количестве гидроциклонов их размещение «ёлочкой» приводит к существенному повышению уровня установки гидроциклонов и, следовательно, к увеличению высоты здания.

При расположении «звездой» гидроциклоны размещаются вокруг вертикальной подающей трубы. При этом гидроциклоны устанавливаются наклонно по отношению к вертикальной оси песковыми насадками к центру приёмной воронки песков (рисунок 1.5).

Такое расположение гидроциклонов обеспечивает более компактную компоновку оборудования в отделении измельчения.

Зумпфы с насосами в отделениях измельчения рекомендуется устанавливать в пролёте измельчения около разгрузки мельницы. При наличии электротехнического пролёта между отделениями измельчения и обогащения зумпфы с насосами могут быть установлены на нижней отметке этого пролёта.



Рисунок 1.5 – Расположение гидроциклонов «звездой»

Для ремонта оборудования в отделении измельчения предусматриваются ремонтно-монтажные площадки (РМП), которые располагаются в торце пролёта измельчения. На РМП располагаются стенды для перефутеровки, для хранения мельниц, для ремонта и хранения гидроциклонов, бункеры для измельчающих тел, стенд для ремонта насосов, контейнеры для шаров, футеровки и металлолома.

На РМП предусматривается раздельное хранение шаров по крупности, наличие контейнеров для их транспортировки к мельницам, магнитных шайб для разгрузки контейнеров, дозирующих устройств для подачи шаров в мельницы, специальная дозирующая машина для загрузки стержней. Для сортировки изношенных шаров предусматривается установка барабанного грохота с заданными размерами отверстий и контейнера для шаров.

Расходные бункеры для измельчающих тел должны иметь десятисуточный запас и вместимость по массе не более 1000 т.

Площади ремонтно-монтажных площадок зависят от типоразмеров и количества мельниц, от способа их ремонта. Применение того или иного способа ремонта мельниц зависит от числа мельниц, срока службы футеровки, времени, необходимого на замену вращающейся части и футеровки мельницы.

Используют следующие способы ремонта мельниц: 1 – ремонт на месте установки (индивидуальный); 2 – стендовый ремонт вра-

шающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мельющих тел и пульпы на месте установки; 3 – стендовый ремонт вращающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мельющих тел и пульпы на ремонтной площадке.

Ориентировочно площадь ремонтно-монтажных площадок в пролёте измельчения может быть определена из таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Площадь ремонтно-монтажных площадок пролётов измельчения, м²

Диаметр мельницы, мм	Число мельниц в пролёте					
	6	12	18	24	30	36
2700	311	432	540	648	756	864
3200	432	576	720	864	1008	1152
3600	576	720	864	1008	1152	1296
4000	720	900	1080	1260	1440	1728
4500	900	1080	1260	1440	1728	2016
5500	900	1080	1260	1448	1728	2016

Применяемый в проекте способ ремонта мельниц влияет на выбор грузоподъёмных средств и организацию ремонтной службы. При количестве однотипных мельниц менее 6 обычно осуществляется ремонт мельниц на месте (способ 1), грузоподъёмность крана определяется массой наиболее тяжёлого узла мельницы. При количестве мельниц 6-12 рекомендуется метод ремонта на стенде РМП (способ 2), при котором грузоподъёмность крана определяется массой вращающейся части мельницы без шаров и пульпы. При количестве мельниц более 12 применяется метод ремонта на стенде по способу 3, при котором грузоподъёмность крана определяется по массе вращающейся части мельницы с шарами и пульпой.

В таблице 1.2 приведены значения рекомендуемой грузоподъёмности мостовых кранов для указанных выше способов ремонта мельниц.

При общем числе мельниц в пролёте измельчения более 8 необходимо принимать к установке кроме крана наибольшей грузоподъёмности один или два крана меньшей грузоподъёмности для текущего обслуживания работающих мельниц. Если краны устанавливаются на одних подкрановых путях, то кран наибольшей грузоподъёмности устанавливается между вспомогательными кранами. Если краны устанавливаются в два яруса, то кран меньшей грузоподъёмности устанавливается выше основного крана. Недостатком такого решения является увеличение высоты здания.

Таблица 1.2 – Рекомендуемая грузоподъёмность кранов в пролётах измельчения

Типоразмер мельницы	Рекомендуемая грузоподъёмность крана, т, при способах ремонта		
	1	2	3
МСЦ-900 × 1800	5	5	10
МСЦ-1500 × 3000	5	20	32
МСЦ-2100 × 2200	5	50	80
МСЦ-2100 × 3000	5	50	80
МСЦ-2700 × 3600	10	80	100
МСЦ-3200 × 4500	20	120	200
МСЦ-3600 × 4500	32	160	250
МСЦ-3600 × 5500	32	160	250
МСЦ-4000 × 5500	50	200	320
МСЦ-4500 × 6000	80	200	500
МШР-1500 × 1600	5	16	20
МШР-2100 × 1500	5	32	50
МШР-2100 × 2200	5	32	50
МШР-2100 × 3000	5	50	80
МШР-2700 × 2100	10	80	80
МШР-2700 × 3600	10	80	120
МШР-3200 × 3100	32	100	160
МШР-3600 × 4000	50	120	250
МШР-3600 × 5000	50	160	250
МШР-4000 × 5000	80	200	320
МШР-4500 × 5000	80	250	2 × 250
МШЦ-900 × 1800	5	5	5
МШЦ-1500 × 3000	5	20	35
МШЦ-2100 × 2200	5	32	50
МШЦ-2100 × 3000	5	32	50
МШЦ-2700 × 3600	10	80	120
МШЦ-3200 × 3100	32	100	160
МШЦ-3200 × 4500	32	120	200
МШЦ-3600 × 4000	32	120	200
МШЦ-3600 × 5500	32	160	250
МШЦ-4000 × 5500	50	200	320
МШЦ-4500 × 6000	80	250	2 × 250
МШЦ-5500 × 6500	120	2 × 320	-

При разработке компоновочного решения отделения измельчения с целью облегчения перекрытия здания и снижения стоимости мостовых кранов необходимо стремиться к минимальной ширине пролёта измельчения. Общая длина отделения измельчения должна быть увязана с длиной отделения обогащения.

Для ремонта оборудования в отделениях измельчения вместо стационарных мостовых кранов могут применяться автомобильные или железнодорожные краны. Преимуществом автомобильных кра-

нов перед железнодорожными является мобильность, маневренность, малые габариты, возможность проезда без монтажа рельсов.

Примеры компоновочных решений отделения измельчения со стрелневыми и шаровыми мельницами приведены ниже.

На рисунке 1.6 приведён пример компоновочного решения отделения измельчения при использовании в первой стадии измельчения стержневой мельницы, работающей в открытом цикле, а во второй стадии – шаровых мельниц, работающих в замкнутом цикле с гидроциклонами.

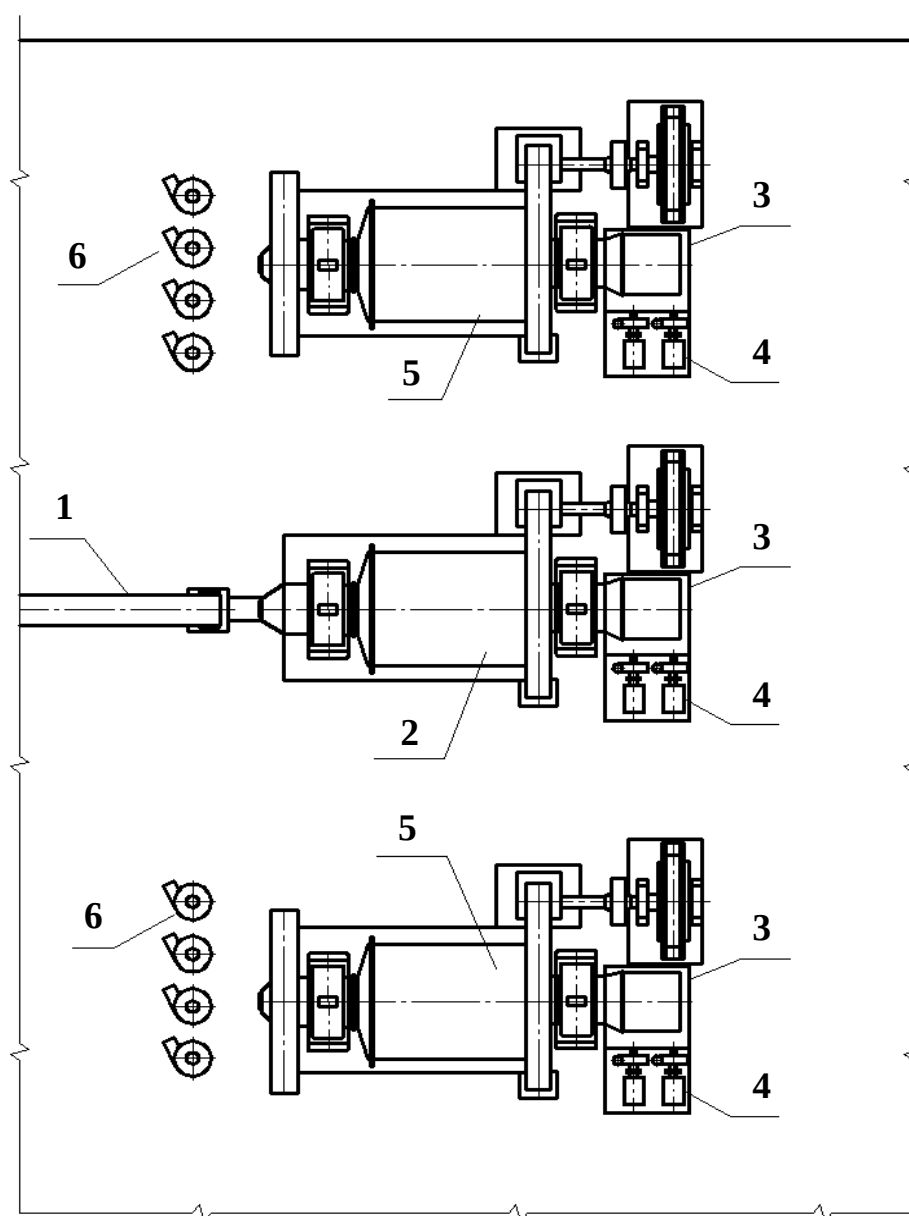


Рисунок 1.6 – Компоновочное решение отделения измельчения с использованием в первой стадии измельчения стержневой и во второй стадии – шаровых мельниц:
1 – конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – зумпфы; 4 – песковые насосы;
5 – шаровые мельницы; 6 – гидроциклоны

2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения

Компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамоизмельчения отличаются тем, что не предусматриваются бункеры или склады мелкодроблёной руды, а крупнодроблёная руда в мельницы подаётся со склада крупнодроблёной руды. Мельницы само- и полусамоизмельчения компонуются в одном пролёте по однорядной схеме при расположении мельниц перпендикулярно продольной оси отделения измельчения.

Пример компоновочного решения отделения измельчения с установкой мельниц самоизмельчения приведён на рисунке 2.1.

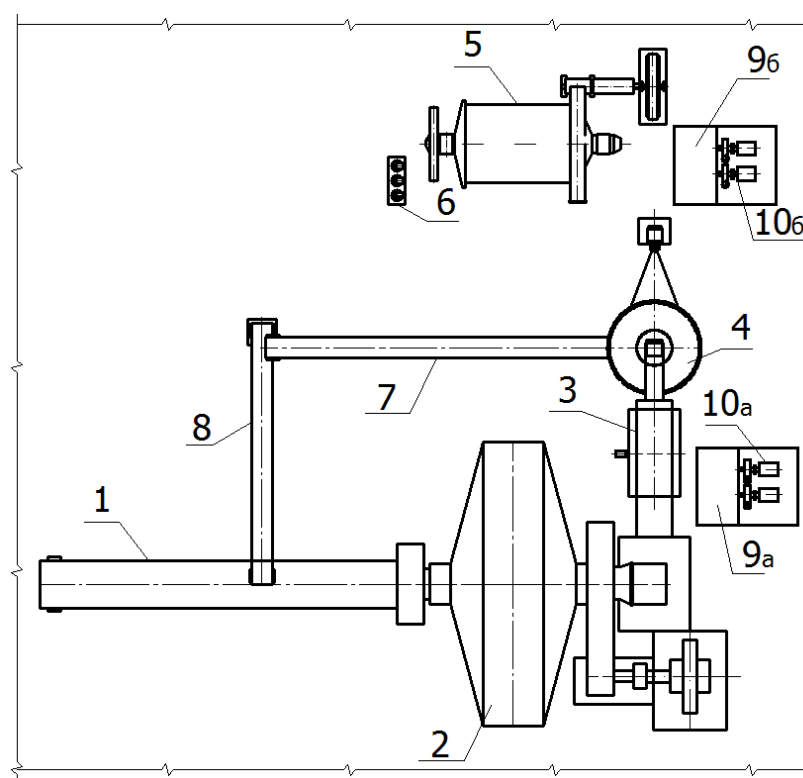


Рисунок 2.1 – Компоновочное решение отделения измельчения с установкой мельницы самоизмельчения и шаровой мельницы:

1, 7, 8 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 – грохот самобалансный; 4 – дробилка конусная; 5 – мельница шаровая; 6 – гидроциклоны; 9 – зумпфы; 10 – насосы

Руда ленточным конвейером 1 подаётся в мельницу самоизмельчения 2. На выходе из мельницы самоизмельчённая руда поступает в бутару, из которой верхний продукт самотёком поступает на самобалансный грохот 3, а нижний продукт бутары через зумпф 9а насосами 10а перекачивается в шаровую мельницу 5. Измельчённая руда подаётся в гидроциклоны 6. Пески гидроциклонов 6 поступают

на доизмельчение в шаровую мельницу, а слив в зумпф 9б и насосами 10 б на дальнейшую переработку. Верхний продукт самобалансного грохота 3 поступает в конусную дробилку 4. Дроблёная руда и нижний продукт самобалансного грохота 3 объединяются и системой конвейеров 7, 8 подаются в мельницу самоизмельчения.

При двухстадиальной схеме с измельчением разгрузки мельниц самоизмельчения в шаровых мельницах используется двухрядное расположение мельниц в одном пролёте либо расположение мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением во второй стадии при расположении мельниц в одном пролёте приведён на рисунке 2.2.

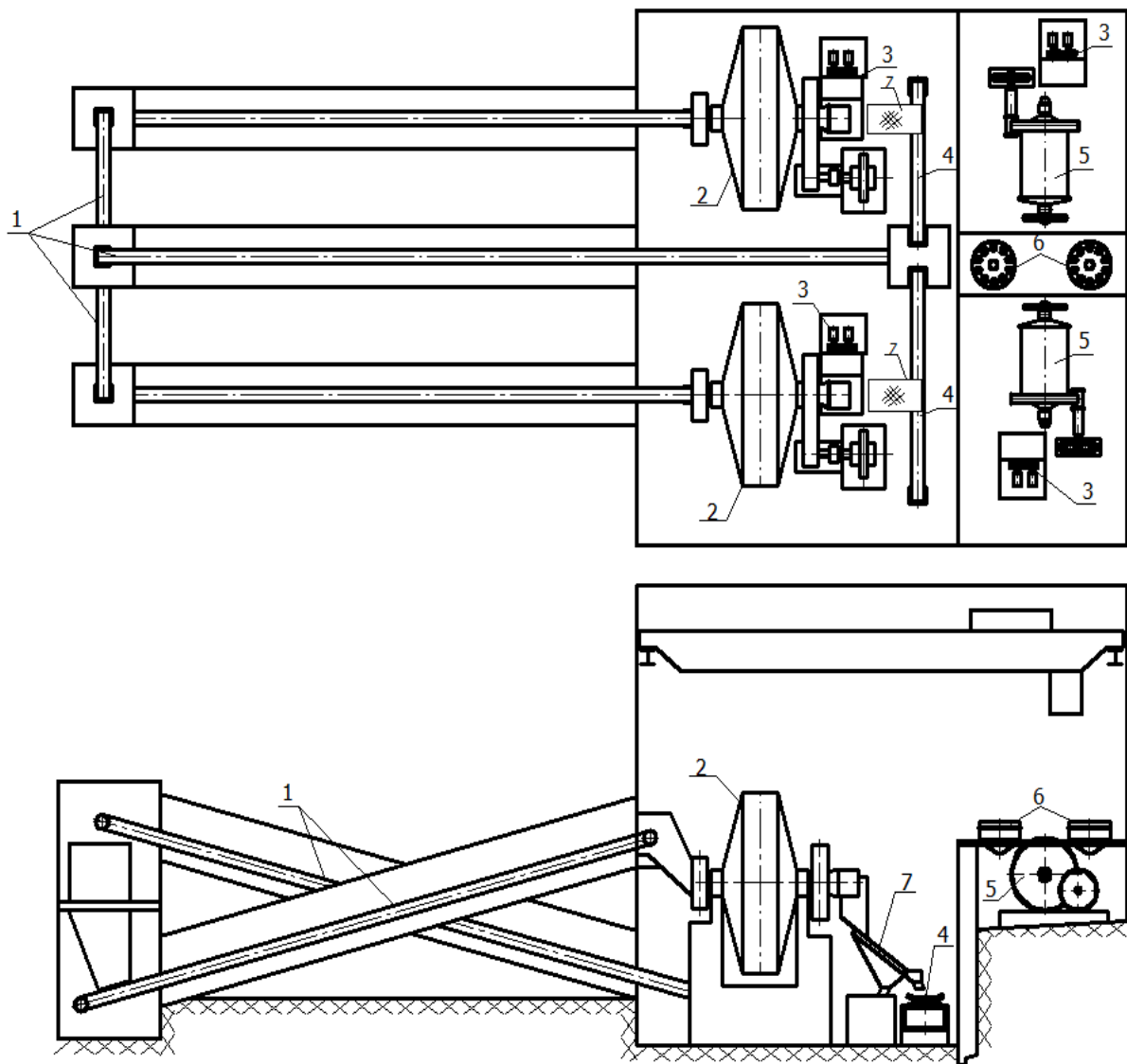


Рисунок 2.2 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения при расположении мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах:

1, 4 – конвейеры ленточные; 2 – мельницы самоизмельчения; 3 – зумпфы с насосами; 5 – мельницы шаровые; 6 – гидроциклоны; 7 – грохоты самобалансные

Такая компоновка позволяет мельницам самоизмельчения работать с любой из шаровых мельниц.

Двухрядная компоновка мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах рекомендуется в случае крутонаклонных промплощадок при самотёчной подаче измельчённого продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые мельницы.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые приведён на рисунке 2.3.

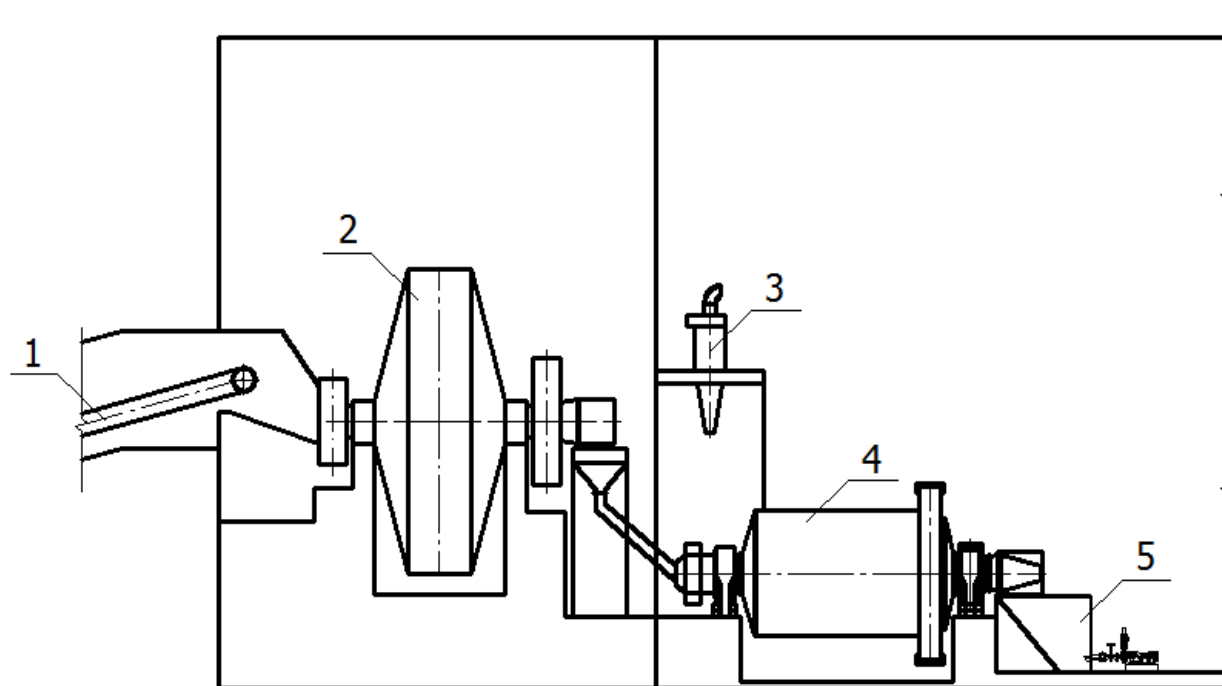


Рисунок 2.3 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного материала из мельницы самоизмельчения в шаровую мельницу:

1 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 – гидроциклоны;
4 – мельница шаровая; 5 – зумпф с насосами

В компоновочном решении, когда в схемах самоизмельчения предусматривается додрабливание фракций критической крупности, конусные дробилки располагаются непосредственно у разгрузки мельницы самоизмельчения, отдельно стоящие в следующем пролёте или в отдельном цехе додрабливания.

Для ремонта мельниц самоизмельчения применяется метод ремонта на месте. Грузоподъёмность крана даже при индивидуальном методе ремонта может достигать 100 т. Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения

Метод ремонта	Грузоподъёмность крана, т	
	мельница ММС 70×23А	мельница ММС 20×30А
Индивидуальный	50	100
Машиносменный	500	–

Таким образом, компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамомоизмельчения характеризуются отсутствием бункерных пролётов и подачей руды в мельницы.

3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления

Измельчающие валки высокого давления (ИВВД), в зарубежной практике называемые «роллер-прессами», находят всё более широкое применение в сфере обогащения минерального сырья для измельчения кимберлитов, железной руды, известняка, медных и золотосодержащих руд, для тонкого измельчения, например цемента.

Так, количество ИВВД к 2005 году достигло в алмазной промышленности 25, в железорудной – 20 штук. ИВВД могут быть использованы в схемах само- и полусамомоизмельчения, дробления и шарового измельчения.

В схемах дробления и измельчения материалов в ИВВД для обеспечения равномерности питания предусматривается использование приёмного устройства в виде питающего бункера с питателем. В схемах само- и полусамомоизмельчения ИВВД используются для измельчения трудных классов крупности.

Пример схемы цепей аппаратов рудоподготовки с дроблением и измельчением в ИВВД трудных классов крупности приведён на рисунке 3.1. Схема цепей аппаратов включает саморазгружающиеся вагоны 1, приёмный бункер 2, пластинчатый питатель 3, конусную дробилку 4, магистральный конвейер 5, мельницу самоизмельчения 6, конвейеры 7, 9, 11, конусную дробилку среднего дробления 8, измельчающие валки высокого давления 10, шаровую мельницу 12, зумпф 13 с насосами, гидроциклоны 14.

Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого пластинчатым питателем 3 подаётся в конусную дробилку крупного дробления 4. Дроблёный продукт из конусной дробилки 4 с помощью магистрального

конвейера 5 подается в мельницу самоизмельчения 6. Трудные классы крупности (верхний продукт бутары мельницы полусамоизмельчения) конвейером 7 подается в конусную дробилку среднего дробления 8, дроблёный продукт которой конвейером 9 подается в измельчающие валки высокого давления 10. Измельчённый продукт мельницы самоизмельчения 6 самотёком направляется в шаровую мельницу 12, работающую через зумпфы 13 с гидроциклонами 14.

Использование ИВВД в такой схеме позволяет увеличить производительность цикла рудоподготовки на 30-50 % и снизить количество шаровых мельниц.

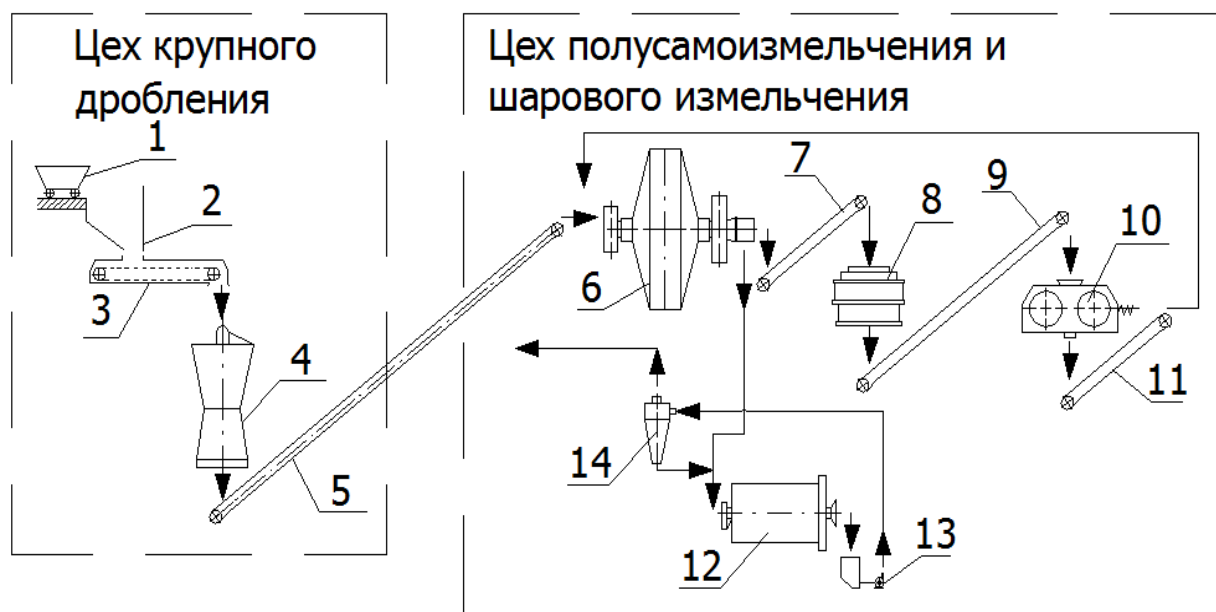


Рисунок 3.1 – Схема цепей аппаратов рудоподготовки с дроблением и измельчением в ИВВД трудных классов крупности мельниц самоизмельчения:
 1 – саморазгружающийся вагон; 2 – приёмный бункер; 3 – пластинчатый питатель;
 4 – конусная дробилка крупного дробления; 5 – магистральный конвейер;
 6 – мельница самоизмельчения; 7, 9, 11 – конвейер; 8 – конусная дробилка среднего дробления; 10 – измельчающие валки высокого давления; 12 – шаровая мельница;
 13 – зумпф с насосами; 14 – гидроциклоны

При наличии в схеме нескольких мельниц самоизмельчения между цехами дробления и самоизмельчения предусматривается использование склада крупнодроблёной руды, с подачи из которого руды на каждую мельницу самоизмельчения своим конвейером. При большом количестве мелких классов крупности в исходном питании перед конусной дробилкой крупного дробления при специальном обосновании могут быть применены грохоты, нижний продукт которых направляется непосредственно в мельницы самоизмельчения ли-

бо конвейерным транспортом, либо при большом уклоне местности самотёком.

В схемах дробления ИВВД находят применение в третьей или четвёртой стадии дробления. Использование ИВВД в третьей стадии дробления параллельно мельнице полусамойзмелчения позволяет увеличить производительности цикла по готовому классу и снизить количество используемых после дробления и полусамойзмелчения шаровых мельниц. Пример схемы цепей аппаратов рудоподготовки с использованием ИВВД параллельно мельнице полусамойзмелчения приведён на рисунке 3.2. Схема цепей аппаратов включает саморазгружающиеся вагоны 1, приёмный бункер 2, конусную дробилку крупного дробления 3, конусную дробилку среднего дробления 4, магистральный конвейер 5, склад среднедроблёной руды 6, магистральные конвейеры 7, 8, мельницу мокрого полусамойзмелчения 9, ИВВД 10, зумпфы 11, 15 с насосами, гидроциклоны 12, 16, конвейер 13, шаровую мельницу 14.

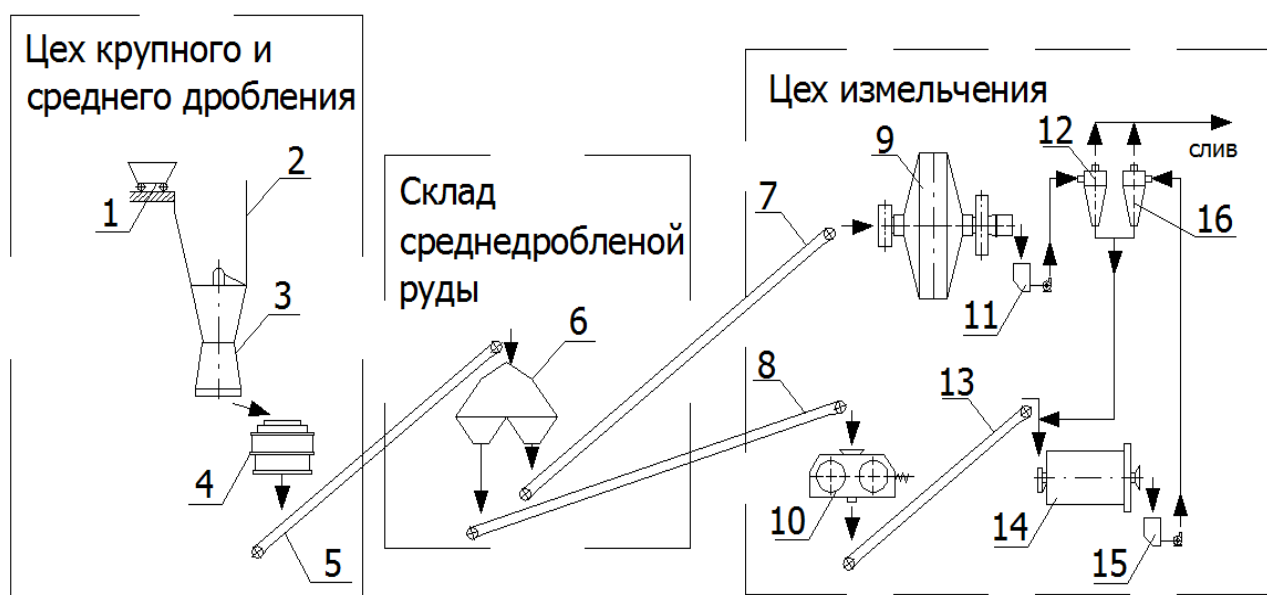


Рисунок 3.2 – Схема цепей аппаратов рудоподготовки с использованием ИВВД параллельно мельнице полусамойзмелчения: 1 – саморазгружающиеся вагоны; 2 – приёмный бункер; 3 – конусная дробилка крупного дробления; 4 – конусная дробилка среднего дробления; 5 – магистральный конвейер; 6 – склад среднедроблёной руды; 7, 8, 13 – конвейеры; 9 – мельница полусамойзмелчения; 10 – ИВВД; 11, 15 – зумпфы с насосами; 12, 16 – гидроциклоны; 14 – шаровая мельница

Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого попадает в конусную дробилку крупного дробления 3. Дроблёный продукт дробилки 3 самотёком направляется в конусную дробилку среднего дробления 4.

Среднедроблёная руда из дробилки 4 с помощью магистрального конвейера 5 направляется в склад среднедроблёной руды 6. Из склада 6 руда параллельно конвейерами 7 и 8 подаётся соответственно в мельницу мокрого полусамоизмельчения 9 и в ИВВД 10. Из мельницы полусамоизмельчения 9 измельчённый продукт с помощью зумпфа 11 с насосами направляется в гидроциклоны 12, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Из ИВВД 10 доизмельчённый продукт с помощью конвейера 13 также направляется в шаровую мельницу 14, работающую через зумпф 15 с насосами в замкнутом цикле с гидроциклонами 16, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Сливы гидроциклонов 12 и 16 направляются в операции обогащения.

ИВВД при большом их количестве могут быть выделены в отдельный цех.

В схемах тонкого измельчения материалов ИВВД могут использоваться как в качестве самостоятельной стадии измельчения, так и в качестве предварительной стадии измельчения перед измельчением в шаровых мельницах. Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию приведён на рисунке 3.3. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер 1 с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7.

Исходное питание из питающего бункера 1 с помощью питателя 2 подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого подаётся в дезинтегратор. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 за счёт разряжения, создаваемого вентилятором 7, транспортируется в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух. Песковая фракция воздушного сепаратора возвращается в ИВВД. Такая схема может быть использована при измельчении мягких пород, отличается пониженным расходом электроэнергии.

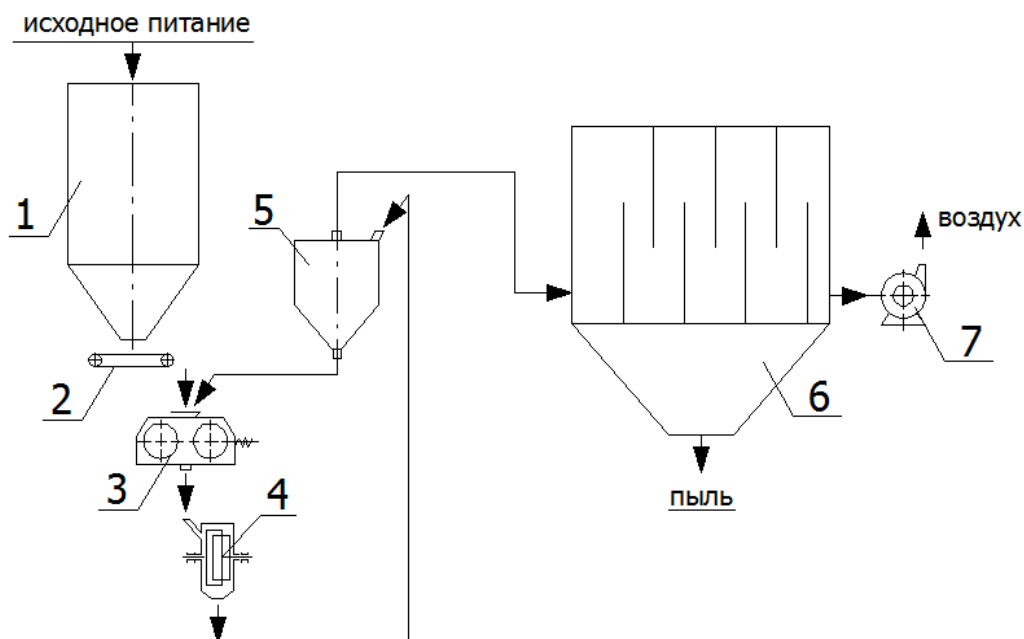
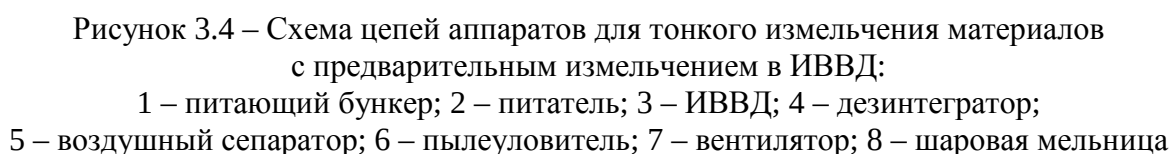


Рисунок 3.3 – Схема цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию: 1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – дезинтегратор; 5 – воздушный сепаратор; 6 – пылеуловитель; 7 – вентилятор

Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов с предварительным измельчением в ИВВД приведён на рисунке 3.4. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7, шаровую мельницу 8. Исходное питание из питающего бункера 1 питателями подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого направляется в дезинтегратор 4. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 направляется в воздушный сепаратор 5.

Песковая фракция сепаратора 5 направляется в шаровую мельницу 8, измельчённый продукт которой возвращается в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух.



22

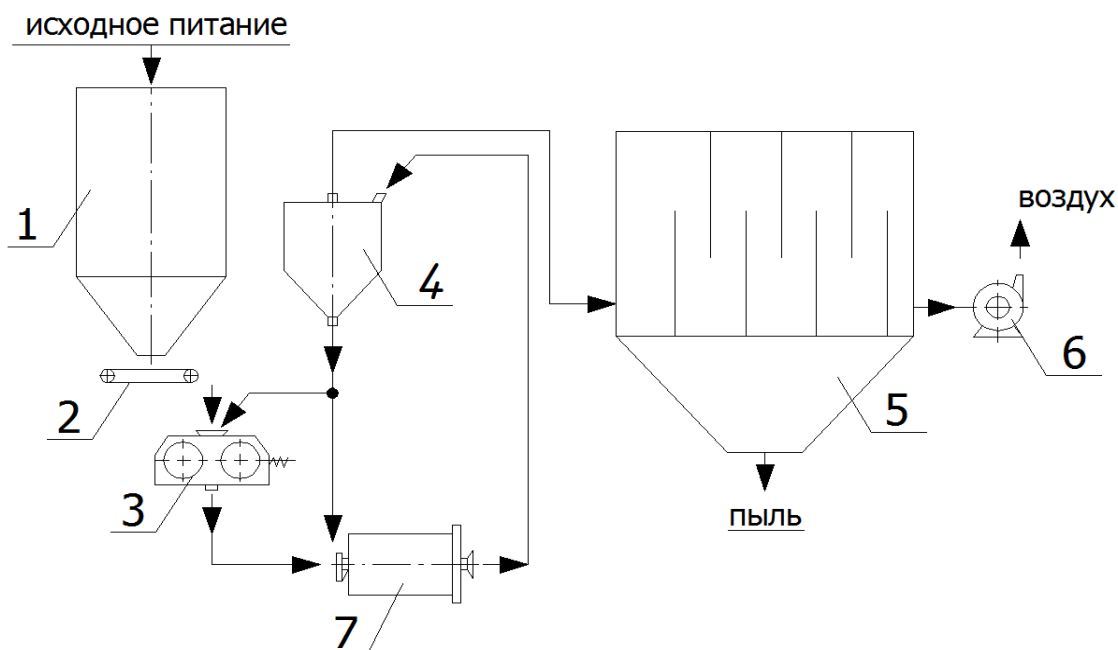


Рисунок 3.5 – Схема цепей аппаратов для тонкого двухстадиального измельчения материалов с использованием ИВВД параллельно шаровой мельнице:
1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – воздушный циклон;
5 – пылеуловитель; 6 – вентилятор; 7 – шаровая мельница

Однолинейная схема компоновки ИВВД предусматривает расположение ИВВД по одну сторону питающих бункеров с последовательным чередованием измельчающих валков и двигателей (рисунок 3.6). Схема с чередованием модулей предусматривает размещение машин поочерёдно по обеим сторонам питательных бункеров (рисунок 3.7).

Предпочтительной является компоновка ИВВД с чередованием модулей, которая отличается простотой обслуживания, более простой конвейерной системой.

Компоновочные решения по размещению в цехе ИВВД зависят от количества аппаратов. При компоновке одного аппарата ИВВД обычно измельчающие валки размещают в одном помещении, а двигатели – в смежном помещении.

При большом количестве ИВВД предусматриваются однолинейная схема компоновки и схема с чередованием модулей.

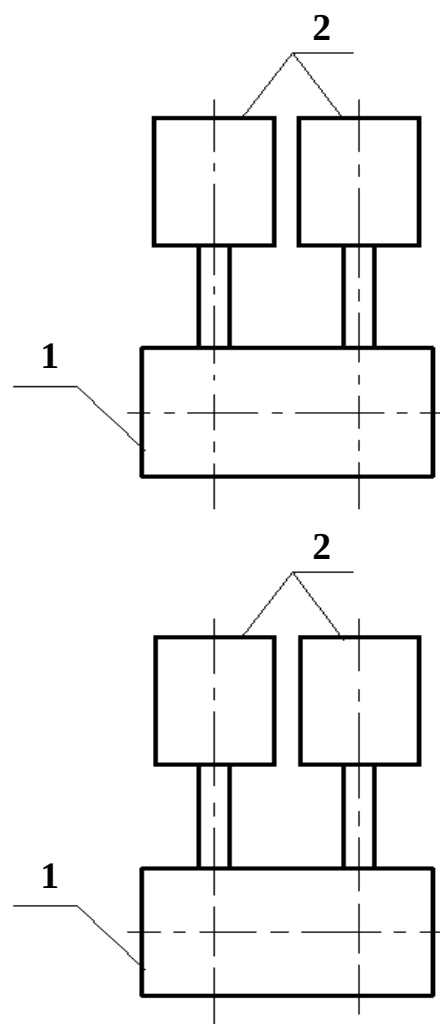


Рисунок 3.6 – Однолинейная схема компоновки ИВВД:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

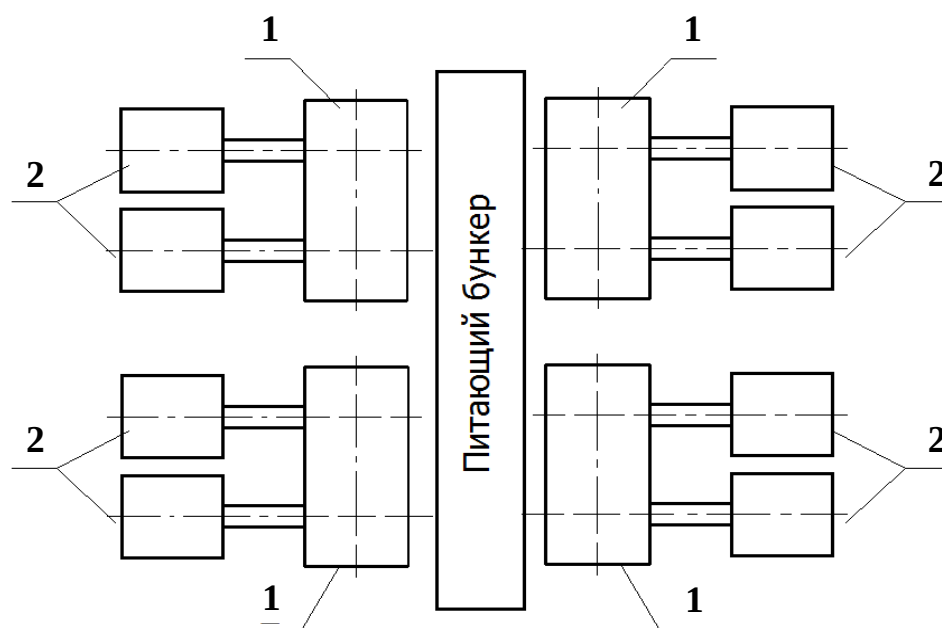


Рисунок 3.7 – Схема компоновки ИВВД с чередованием модулей:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики

Пример 1. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в одном пролете на разных уровнях.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.1. Оно включает магистральный конвейер 1, шаровую мельницу 2, гидроциклоны 3, стержневую мельницу 4, зумпф с насосами 5 и мостовой кран 6. Мелкодробленая руда подаётся в шаровую мельницу 2 магистральным конвейером 1. Руда из шаровой мельницы 2 попадает в стержневую мельницу 4 самотеком, измельченная руда поступает в зумпф 5 и с помощью насосов подается в гидроциклоны 3, пески которых самотеком подаются на доизмельчение в стержневую мельницу 4, а слив – на обогащение.

Достоинствами предлагаемого компоновочного решения является компактное размещение оборудования в цехе измельчения, возможность обслуживания оборудования одним краном, возможность реализации данного решения при любом количестве мельниц.

Пример 2. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением работающих в открытом цикле стержневых и шаровых мельниц в разных пролетах.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.2. Оно включает конвейер со сбрасывающей тележкой 1, распределительный бункер 2, ленточные питатели 3, ленточные конвейеры 4, 10, 11, стержневые мельницы 5, шаровые мельницы 6, зумпфы с насосами 7, мостовые краны 8, 9 и кран-балку 12. Мелкодробленая руда подаётся в распределительный бункер 2 при помощи ленточных конвейеров 10, 11 и конвейера со сбрасывающей тележкой 1. Руда из распределительного бункера 2 направляется в стержневые мельницы 5 при помощи ленточных питателей 3 и ленточных конвейеров 4. Измельчённая руда из стержневой мельницы 5 самотёком поступает на измельчение в шаровую мельницу 6, из которой при помощи зумпфа с насосами подается на обогащение.

Данное компоновочное решение может быть эффективно использовано при наличии уклона местности, когда мельницы первой и второй стадий измельчения можно располагать каскадно. При работе шаровых мельниц в замкнутом цикле предусматривается установка гидроциклонов.

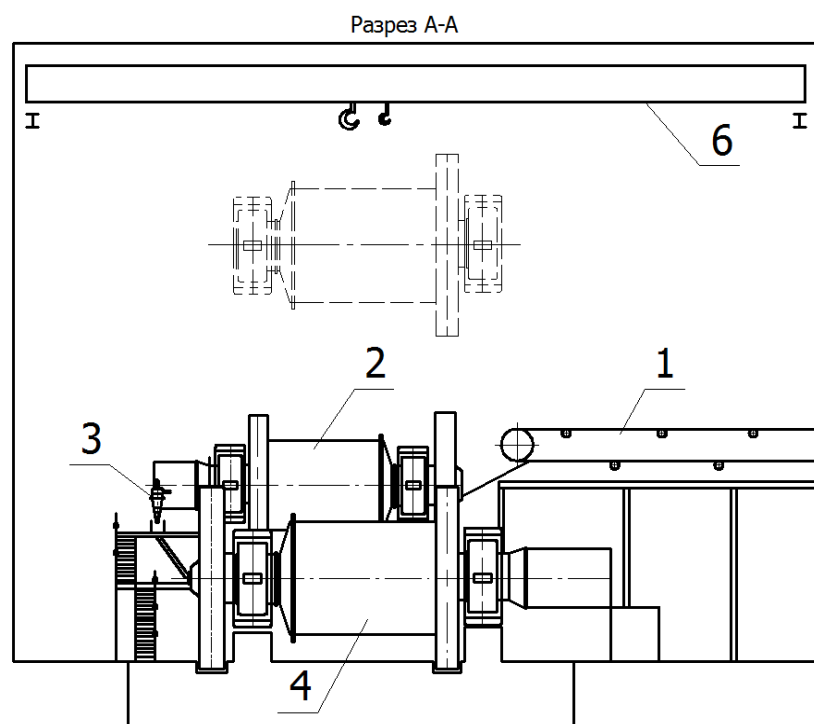
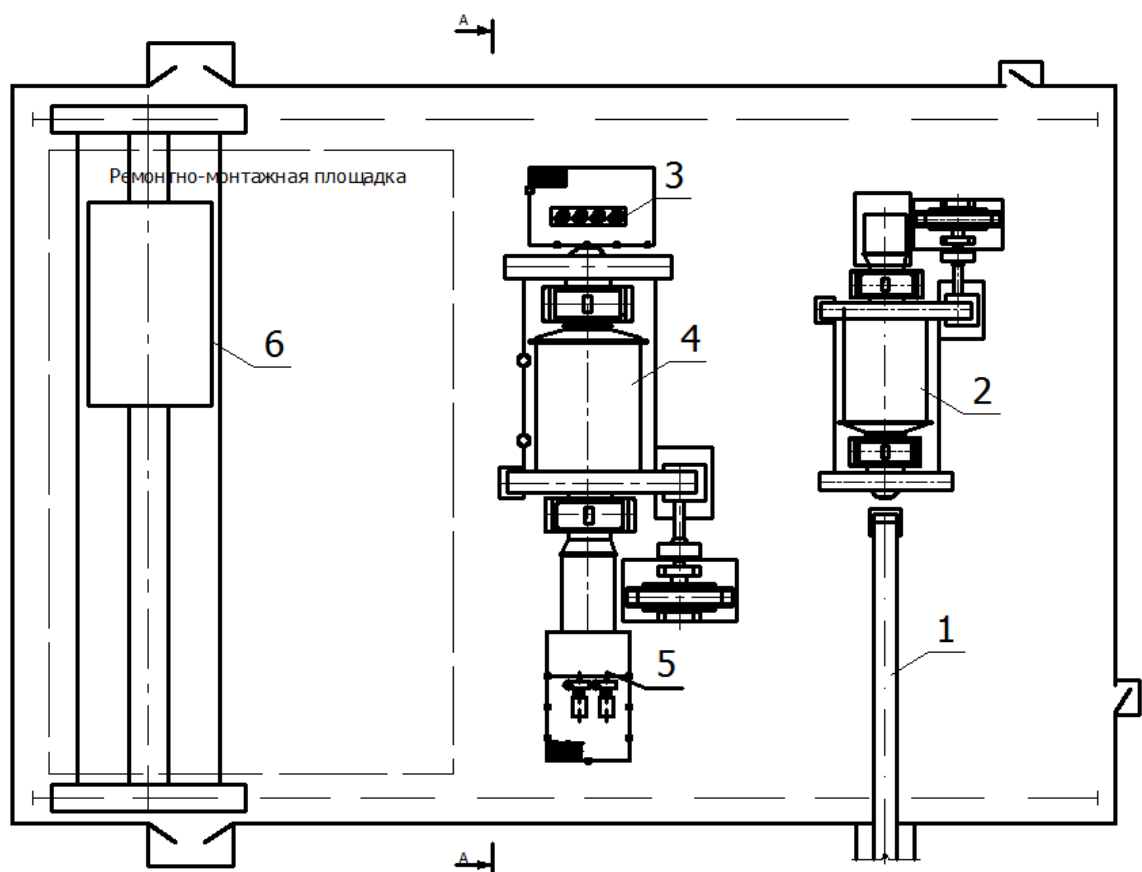


Рисунок 4.1 – Компонировочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельницы в одном пролете на разных уровнях:
 1 – магистральный конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – гидроциклон;
 4 – шаровая мельница; 5 – зумпф с насосами; 6 – мостовой кран

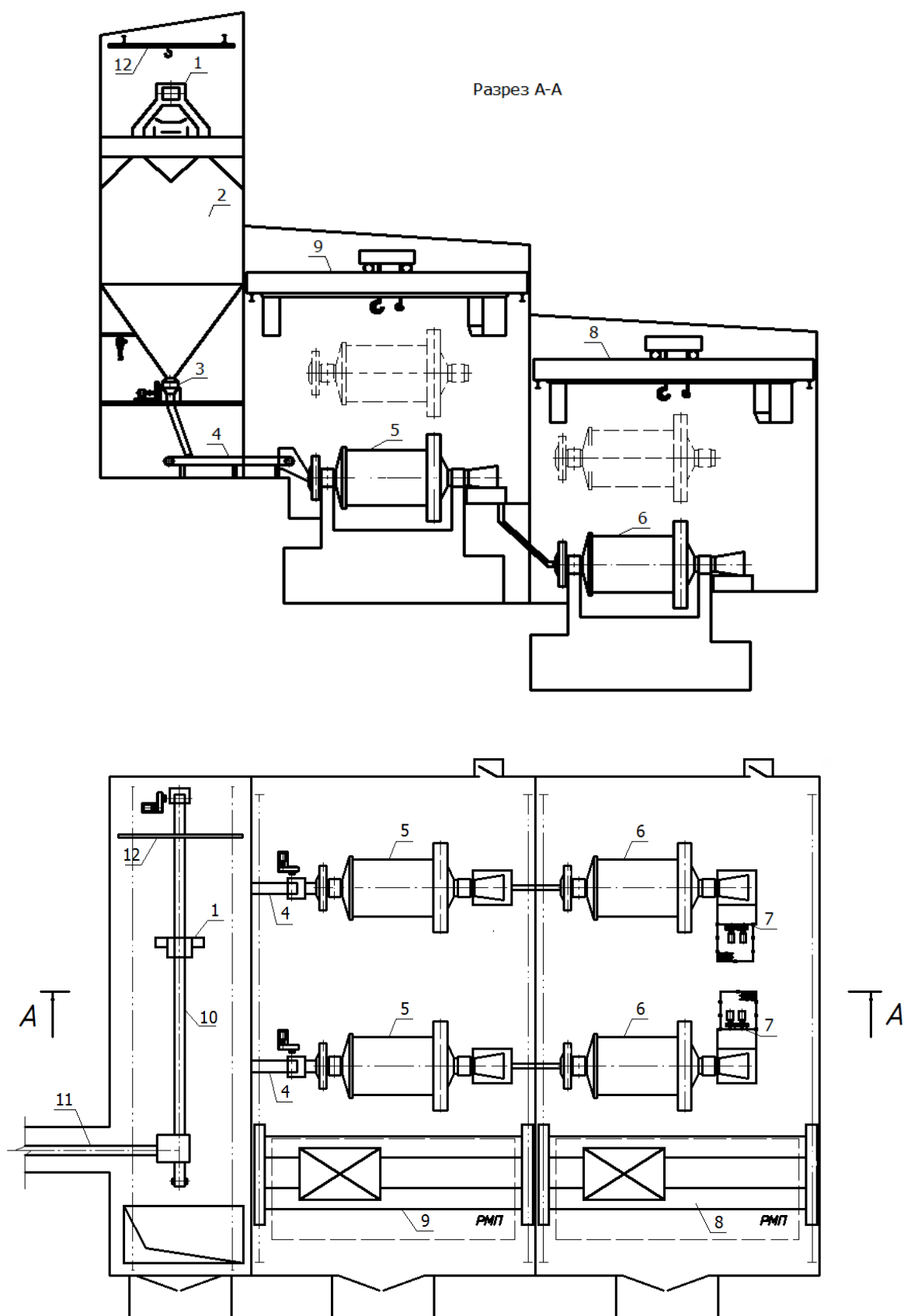


Рисунок 4.2 – Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в разных пролетах:

1 – конвейер со сбрасывающей тележкой; 2 – распределительный бункер;
 3 – ленточный питатель; 4, 10, 11 – ленточный конвейер; 5 – стержневые мельницы;
 6 – шаровые мельницы; 7 – зумпфы с насосами; 8, 9 – мостовой кран; 12 – кран-балка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик.

На основе рассмотрения общих принципов компоновки оборудования на обогатительных фабриках рассмотрены особенности размещения оборудования в бункерных пролетах и пролетах измельчения.

Рассмотрены варианты компоновочных решений отделений измельчения стержневых и шаровых мельниц, отделения измельчения в мельницах само- и полусамои измельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления.

Все варианты компоновочных решений сопровождаются примерами с рассмотрением их достоинств и недостатков, областей применения.

Для вариантов компоновки оборудования в отделения двухстадиального измельчения в стержневых и шаровых мельницах приведены примеры компоновочных решений с размещением стержневых и шаровых мельниц в одном и разных пролетах измельчения.

Достоинством учебно-методического пособия является широкое рассмотрение вариантов компоновочных решений.

Материалы, изложенные в учебно-методическом пособии, позволяют студентам получить необходимые знания в области компоновки оборудования в цехах измельчения на современном уровне, освоить необходимые компетенции, справиться с задачами компоновки оборудования при выполнении практических работ, курсовых и дипломных проектов и работ.

Учебно-методическое пособие может быть использовано работниками проектных организаций и промышленных предприятий в их производственной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Адамов Э. В. Основы проектирования обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 647 с.

Иванов Э. Э. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. – 157 с.

Морозов Ю. П., Водовозов К. А., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик: методические указания и задания для практических занятий по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения / Ю. П. Морозов, К. А. Водовозов, М. Ю. Киселёв; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 68 с.

Морозов Ю. П., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик. Компонировка оборудования в цехах дробления обогатительных фабрик: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 56 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 1. Состав проекта и порядок проектирования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 304 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 2. Выбор и расчет технологического оборудования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 266 с.

Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 518 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова, Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 1. – М.: Недра, 1988. – 374 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 2. – М.: Недра, 1988. – 341 с.

Федотов К. В., Никольская Н. И. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – 536 с.

Учебное издание

Юрий Петрович Морозов

Павел Михайлович Пеньков

Екатерина Александровна Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 05.04.2017 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 ¹/₁₆.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,875. Уч.-изд. л. 2,2. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.06 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

форма обучения: очная, заочная

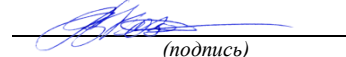
Автор: Хамидулин И. Х., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

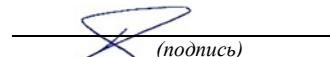
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

**КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК**

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического факультета
«___» _____ 2017 г.

Председатель комиссии

_____ проф. В. П. Барановский

Ю. П. Морозов
П. М. Пеньков
Е. А. Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

УДК 622.7: 622.342
М 80

Рецензент: *Колтунов А. В.*, канд. техн. наук, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 09 февраля 2017 г. (протокол № 5) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Морозов Ю. П., Пеньков П. М., Бекчурина Е. А.

М 80 Проектирование обогатительных фабрик. Компонировка оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик: учебно-методическое пособие / Ю. П. Морозов, П. М. Пеньков, Е. А. Бекчурина; Урал. гос. горный ун-т. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2017. – 30 с.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в отделениях измельчения в шаровых и стержневых мельницах, в отделениях измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления, приведены примеры компоновочных решений отделений измельчения обогатительных фабрик.

Для студентов всех форм обучения специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 21.05.04 – «Горное дело».

УДК 622.7: 622.342

© Уральский государственный
горный университет, 2017
© Морозов Ю. П., Пеньков П. М.,
Бекчурина Е. А., 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах	5
2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения	14
3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления	17
4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29

ВВЕДЕНИЕ

Компоновка оборудования в отделениях измельчения является важным этапом разработки компоновочных решений цехов обогатительной фабрики. Обычно оборудование для измельчения размещается в отделениях измельчения и доизмельчения главного корпуса обогатительной фабрики. Возможно для сухих методов измельчения компоновочное решение с размещением оборудования в отдельном цехе измельчения.

В учебной литературе по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» приводятся сведения по компоновке оборудования в отделениях измельчения, которые дают только общее представление о компоновочных решениях, не раскрывают правил и условий разработки компоновочных решений.

Настоящее учебно-методическое пособие направлено на упорядочение и углубление знаний по размещению оборудования в отделениях измельчения. Оно включает компоновку оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах, в мельницах само- и полусамойзмельчения, в измельчающих валках высокого давления.

Для отделений измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами рассмотрены правила размещения оборудования в бункерном пролете и в пролетах измельчения. Рассмотрены условия самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором, условия расположения гидроциклонов в отделениях измельчения, условия размещения ремонтно-монтажных площадок, кранов и других грузоподъемных средств.

Для отделений измельчения в мельницах само- и полусамойзмельчения рассмотрены варианты компоновки оборудования при совмещении мельниц само- и полусамойзмельчения с дробилками для додробливания трудных классов крупности и с шаровыми мельницами во второй стадии измельчения.

Для отделений измельчения в измельчающих валках высокого давления (ИВВД) рассмотрены варианты совместного использования мельниц самоизмельчения с ИВВД, варианты размещения ИВВД в отдельном цехе.

Компоновочные решения отделений измельчения иллюстрируются примерами возможных вариантов компоновки с анализом особенностей, достоинств и недостатков.

1. Компоновка оборудования в отделениях измельчения в стержневых и шаровых мельницах

Отделения измельчения в стержневых и шаровых мельницах на обогатительных фабриках обычно включены в состав главного корпуса вместе с отделениями обогащения и отделениями, реализующими вспомогательные процессы.

Отделение измельчения со стержневыми и шаровыми мельницами включает бункерный пролёт и, в зависимости от количества мельниц, один или два пролёта измельчения.

В бункерном пролёте располагаются распределительный бункер и системы конвейеров для подачи руды в распределительный бункер и для подачи руды из распределительного бункера в мельницы.

Распределение руды по ячейкам распределительного бункера осуществляется чаще всего с помощью конвейера со сбрасывающей тележкой.

Наиболее широко на обогатительных фабриках в отделениях измельчения предусматриваются подвесные параболические бункеры, разгрузка руды из которых осуществляется через выпускные отверстия, расположенные на расстоянии друг от друга 3 или 6 м. Разгрузка руды из бункеров осуществляется на горизонтальные или наклонные ленточные конвейеры, подающие руду в мельницы.

Пример компоновки оборудования в бункерном пролёте отделения измельчения приведён на рисунке 1.1.

Компоновочное решение включает магистральный конвейер 1, конвейер со сбрасывающей тележкой 2, распределительный бункер 3 с питателями 4, сборные конвейеры 5, конвейеры 6, кран-балку 7. Исходная руда магистральным конвейером 1 подаётся на конвейер 2 со сбрасывающей тележкой, который распределяет руду по ячейкам распределительного бункера 3. Руда из ячеек бункера 3 с помощью питателя 4 разгружается на сборные конвейеры 5, далее направляется на конвейеры 6, которые подают руду в мельницы. Количество конвейеров 5 и 6 определяется количеством ячеек в распределительном бункере и мельниц в первой стадии измельчения.

В пролётах измельчения располагаются мельницы, классифицирующее оборудование, зумпфы с насосами, мостовые краны. Мельницы в пролёте измельчения располагаются в один или два ряда перпендикулярно или параллельно оси бункеров.

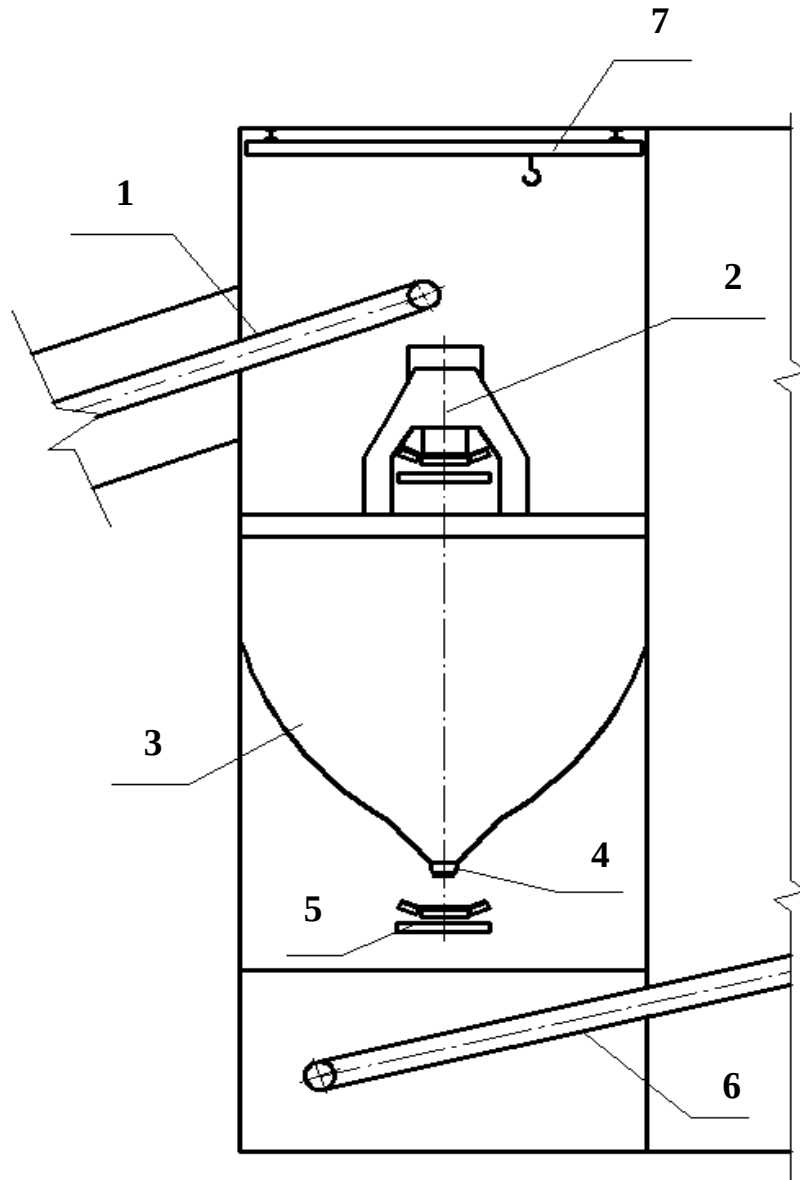


Рисунок 1.1 – Компонентное решение бункерного пролёта отделения измельчения:
 1 – магистральный конвейер; 2 – конвейер со сбрасывающей тележкой;
 3 – распределительный бункер; 4 – питатель; 5, 6 – конвейеры; 7 – кран-балка

При размещении стержневых мельниц со стороны разгрузки измельченного материала должно быть предусмотрено свободное пространство для обеспечения загрузки стержней в мельницу. Классифицирующее оборудование располагается по отношению к мельницам таким образом, чтобы обеспечивался самотёк песков в мельницу. Спиральные классификаторы, обеспечивающие самотечный замкнутый цикл измельчения, размещаются параллельно мельнице таким образом, чтобы обеспечить самотёк слива мельницы в спиральный классификатор и песков спирального классификатора в мельницу.

Пример компоновочного узла мельницы со спиральным классификатором при самотёчном замкнутом цикле приведён на рисунке 1.2.

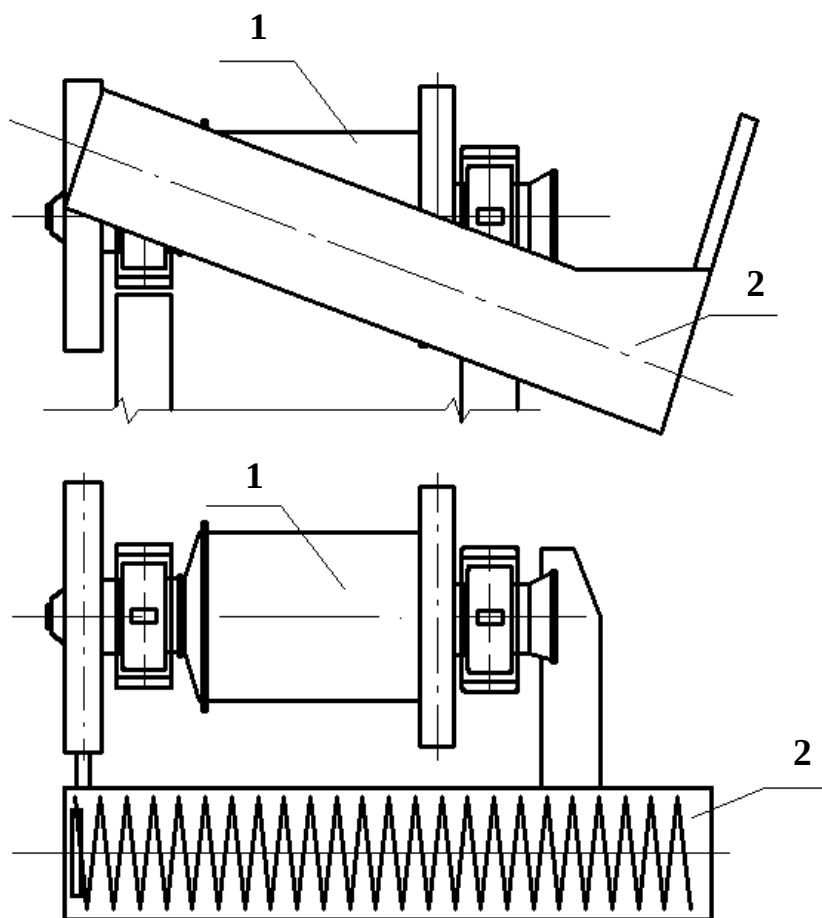


Рисунок 1.2 – Компоновочное решение самотечного замыкания мельницы со спиральным классификатором:
1 – мельница; 2 – спиральный классификатор

Если мельницу и классификатор невозможно замкнуть самотёком, то применяют компоновочные решения с реализацией принудительной подачи слива мельницы в спиральный классификатор, например, с помощью улиткового подъёмника на мельнице, насоса или элеватора.

В узких пролётах измельчения возможна компоновка с размещением мельницы и спирального классификатора на одной оси с самотёчной подачей песков классификатора в мельницу. Пример такого решения приведён на рисунке 1.3.

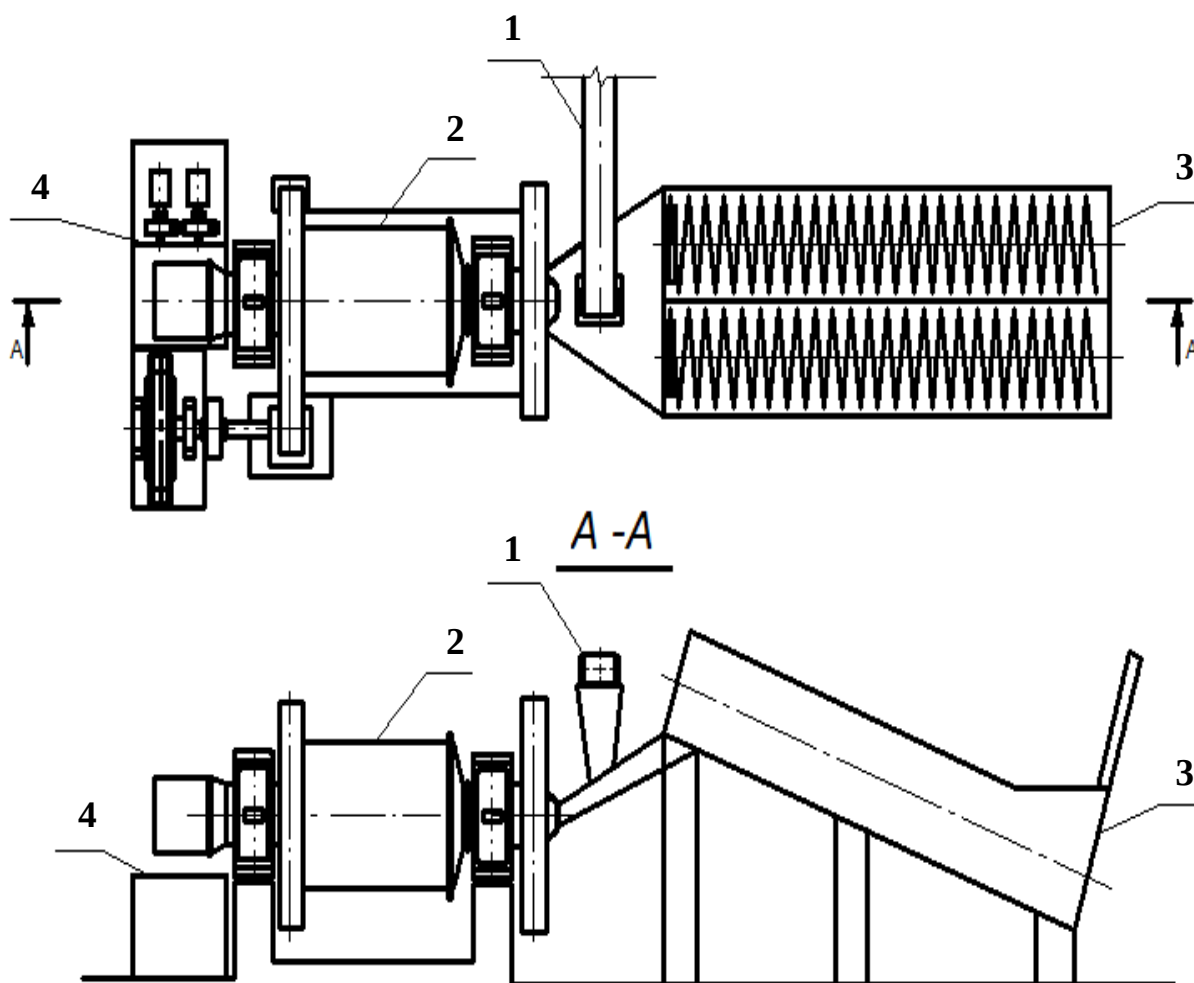


Рисунок 1.3 – Компоновочное решение отделения измельчения с соосным размещением мельницы и спирального классификатора:
1 – конвейер; 2 – мельница; 3 – спиральный классификатор; 4 – зумпф с насосами

Компоновочное решение включает конвейер 1, мельницу 2, спиральный классификатор 3, зумпф 4 с насосами. Руда конвейером 1 подаётся в мельницу 2. Слив мельницы 2 поступает в зумпф 4 и насосами направляется в спиральный классификатор 3, пески которого поступают в мельницу 2.

Гидроциклоны для обеспечения самотёка песков в мельницу размещаются в измельчительном пролёте на площадке сверху загрузочного торца мельницы. Гидроциклоны на площадке могут размещаться в ряд (ёлочкой) или по кругу (звездой). Подача пульпы в гидроциклоны осуществляется насосами через питающую трубу. Примеры расположения гидроциклонов на площадке показаны на рисунке 1.4.

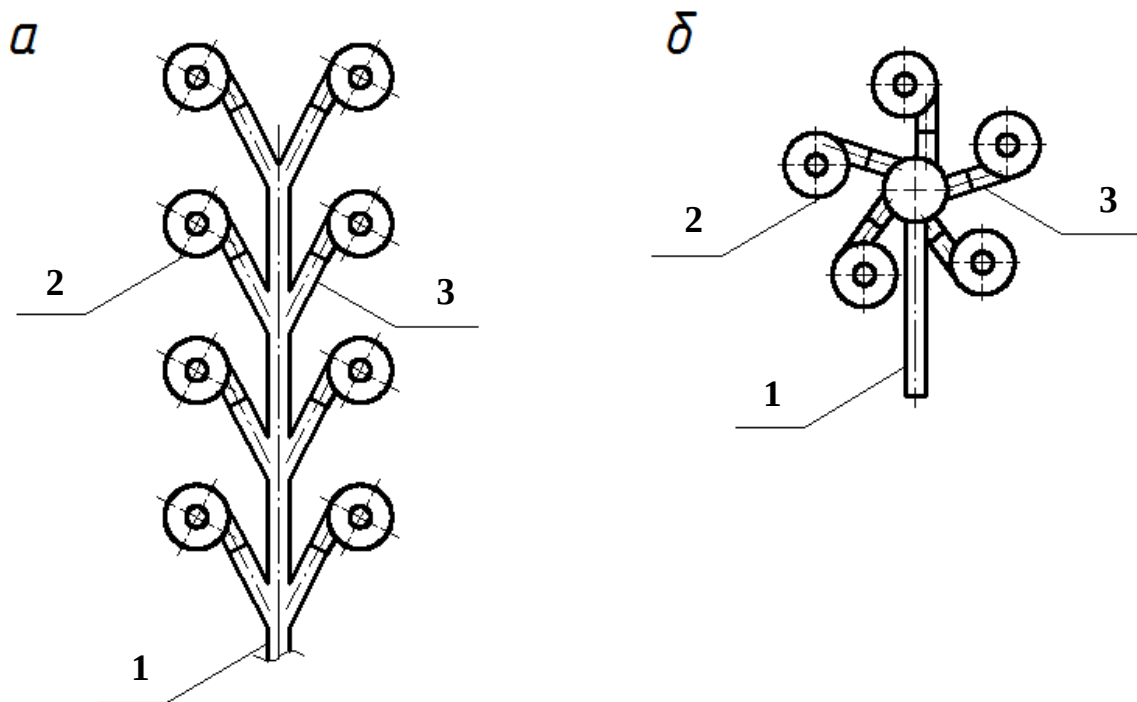


Рисунок 1.4 – Примеры расположения гидроциклонов «ёлочкой» (а) и «звездой» (б):
1 – питающая труба; 2 – гидроциклоны; 3 – подводящие патрубки

При расположении «ёлочкой» (рисунок 1.4,а) гидроциклоны размещаются в один или два ряда, для сбора и транспортирования песков в мельницу снизу гидроциклонов предусматриваются наклонные желоба. При большом количестве гидроциклонов их размещение «ёлочкой» приводит к существенному повышению уровня установки гидроциклонов и, следовательно, к увеличению высоты здания.

При расположении «звездой» гидроциклоны размещаются вокруг вертикальной подающей трубы. При этом гидроциклоны устанавливаются наклонно по отношению к вертикальной оси песковыми насадками к центру приёмной воронки песков (рисунок 1.5).

Такое расположение гидроциклонов обеспечивает более компактную компоновку оборудования в отделении измельчения.

Зумпфы с насосами в отделениях измельчения рекомендуется устанавливать в пролёте измельчения около разгрузки мельницы. При наличии электротехнического пролёта между отделениями измельчения и обогащения зумпфы с насосами могут быть установлены на нижней отметке этого пролёта.



Рисунок 1.5 – Расположение гидроциклонов «звездой»

Для ремонта оборудования в отделении измельчения предусматриваются ремонтно-монтажные площадки (РМП), которые располагаются в торце пролёта измельчения. На РМП располагаются стенды для перефутеровки, для хранения мельниц, для ремонта и хранения гидроциклонов, бункеры для измельчающих тел, стенд для ремонта насосов, контейнеры для шаров, футеровки и металлолома.

На РМП предусматривается раздельное хранение шаров по крупности, наличие контейнеров для их транспортировки к мельницам, магнитных шайб для разгрузки контейнеров, дозирующих устройств для подачи шаров в мельницы, специальная дозирующая машина для загрузки стержней. Для сортировки изношенных шаров предусматривается установка барабанного грохота с заданными размерами отверстий и контейнера для шаров.

Расходные бункеры для измельчающих тел должны иметь десятисуточный запас и вместимость по массе не более 1000 т.

Площади ремонтно-монтажных площадок зависят от типоразмеров и количества мельниц, от способа их ремонта. Применение того или иного способа ремонта мельниц зависит от числа мельниц, срока службы футеровки, времени, необходимого на замену вращающейся части и футеровки мельницы.

Используют следующие способы ремонта мельниц: 1 – ремонт на месте установки (индивидуальный); 2 – стендовый ремонт вра-

шающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мельющих тел и пульпы на месте установки; 3 – стендовый ремонт вращающейся части мельницы на ремонтной площадке с выгрузкой мельющих тел и пульпы на ремонтной площадке.

Ориентировочно площадь ремонтно-монтажных площадок в пролёте измельчения может быть определена из таблицы 1.1.

Таблица 1.1 – Площадь ремонтно-монтажных площадок пролётов измельчения, м²

Диаметр мельницы, мм	Число мельниц в пролёте					
	6	12	18	24	30	36
2700	311	432	540	648	756	864
3200	432	576	720	864	1008	1152
3600	576	720	864	1008	1152	1296
4000	720	900	1080	1260	1440	1728
4500	900	1080	1260	1440	1728	2016
5500	900	1080	1260	1448	1728	2016

Применяемый в проекте способ ремонта мельниц влияет на выбор грузоподъёмных средств и организацию ремонтной службы. При количестве однотипных мельниц менее 6 обычно осуществляется ремонт мельниц на месте (способ 1), грузоподъёмность крана определяется массой наиболее тяжёлого узла мельницы. При количестве мельниц 6-12 рекомендуется метод ремонта на стенде РМП (способ 2), при котором грузоподъёмность крана определяется массой вращающейся части мельницы без шаров и пульпы. При количестве мельниц более 12 применяется метод ремонта на стенде по способу 3, при котором грузоподъёмность крана определяется по массе вращающейся части мельницы с шарами и пульпой.

В таблице 1.2 приведены значения рекомендуемой грузоподъёмности мостовых кранов для указанных выше способов ремонта мельниц.

При общем числе мельниц в пролёте измельчения более 8 необходимо принимать к установке кроме крана наибольшей грузоподъёмности один или два крана меньшей грузоподъёмности для текущего обслуживания работающих мельниц. Если краны устанавливаются на одних подкрановых путях, то кран наибольшей грузоподъёмности устанавливается между вспомогательными кранами. Если краны устанавливаются в два яруса, то кран меньшей грузоподъёмности устанавливается выше основного крана. Недостатком такого решения является увеличение высоты здания.

Таблица 1.2 – Рекомендуемая грузоподъемность кранов в пролётах измельчения

Типоразмер мельницы	Рекомендуемая грузоподъемность крана, т, при способах ремонта		
	1	2	3
МСЦ-900 × 1800	5	5	10
МСЦ-1500 × 3000	5	20	32
МСЦ-2100 × 2200	5	50	80
МСЦ-2100 × 3000	5	50	80
МСЦ-2700 × 3600	10	80	100
МСЦ-3200 × 4500	20	120	200
МСЦ-3600 × 4500	32	160	250
МСЦ-3600 × 5500	32	160	250
МСЦ-4000 × 5500	50	200	320
МСЦ-4500 × 6000	80	200	500
МШР-1500 × 1600	5	16	20
МШР-2100 × 1500	5	32	50
МШР-2100 × 2200	5	32	50
МШР-2100 × 3000	5	50	80
МШР-2700 × 2100	10	80	80
МШР-2700 × 3600	10	80	120
МШР-3200 × 3100	32	100	160
МШР-3600 × 4000	50	120	250
МШР-3600 × 5000	50	160	250
МШР-4000 × 5000	80	200	320
МШР-4500 × 5000	80	250	2 × 250
МШЦ-900 × 1800	5	5	5
МШЦ-1500 × 3000	5	20	35
МШЦ-2100 × 2200	5	32	50
МШЦ-2100 × 3000	5	32	50
МШЦ-2700 × 3600	10	80	120
МШЦ-3200 × 3100	32	100	160
МШЦ-3200 × 4500	32	120	200
МШЦ-3600 × 4000	32	120	200
МШЦ-3600 × 5500	32	160	250
МШЦ-4000 × 5500	50	200	320
МШЦ-4500 × 6000	80	250	2 × 250
МШЦ-5500 × 6500	120	2 × 320	-

При разработке компоновочного решения отделения измельчения с целью облегчения перекрытия здания и снижения стоимости мостовых кранов необходимо стремиться к минимальной ширине пролёта измельчения. Общая длина отделения измельчения должна быть увязана с длиной отделения обогащения.

Для ремонта оборудования в отделениях измельчения вместо стационарных мостовых кранов могут применяться автомобильные или железнодорожные краны. Преимуществом автомобильных кра-

нов перед железнодорожными является мобильность, маневренность, малые габариты, возможность проезда без монтажа рельсов.

Примеры компоновочных решений отделения измельчения со стрелневыми и шаровыми мельницами приведены ниже.

На рисунке 1.6 приведён пример компоновочного решения отделения измельчения при использовании в первой стадии измельчения стержневой мельницы, работающей в открытом цикле, а во второй стадии – шаровых мельниц, работающих в замкнутом цикле с гидроциклонами.

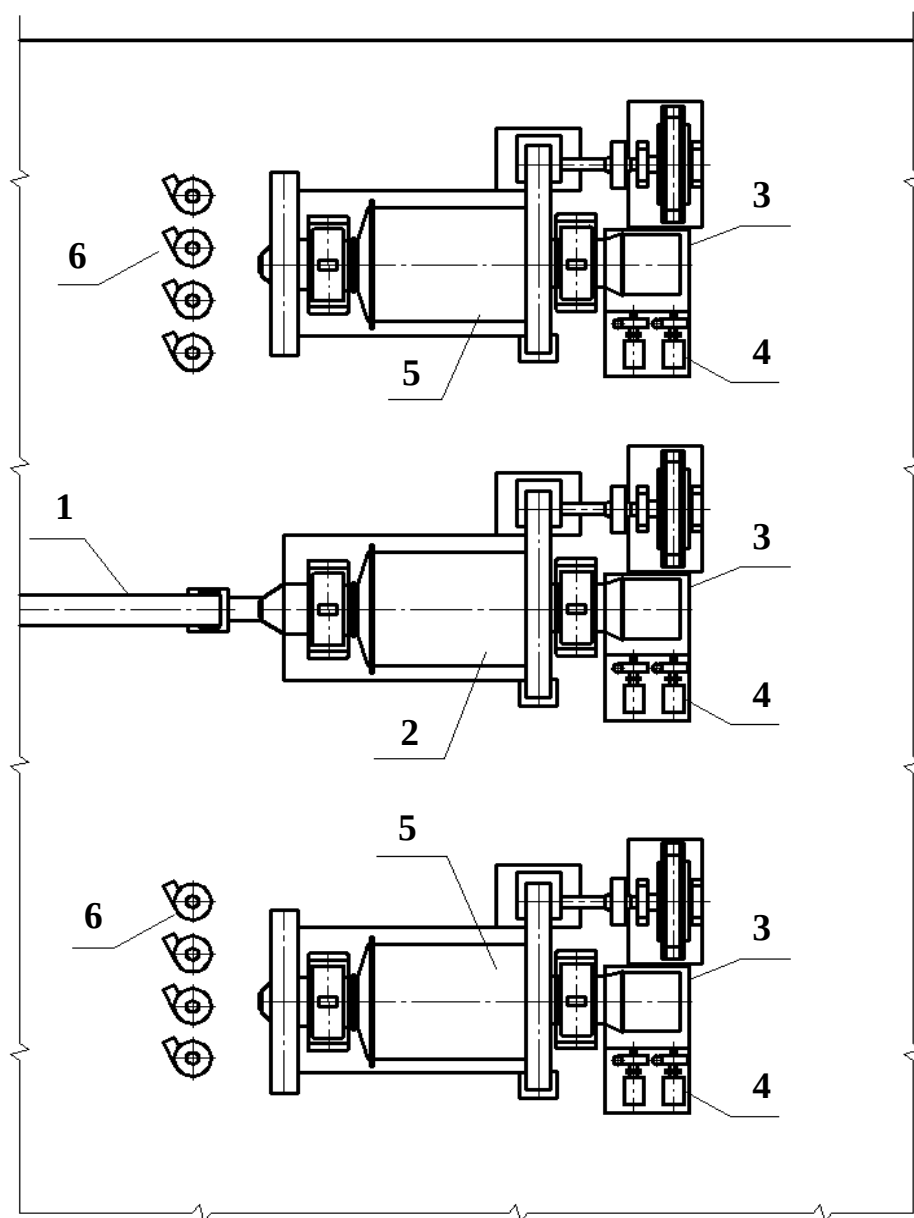


Рисунок 1.6 – Компоновочное решение отделения измельчения с использованием в первой стадии измельчения стержневой и во второй стадии – шаровых мельниц:
1 – конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – зумпфы; 4 – песковые насосы;
5 – шаровые мельницы; 6 – гидроциклоны

2. Компоновка оборудования в отделении измельчения в мельницах само- и полусамоизмельчения

Компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамоизмельчения отличаются тем, что не предусматриваются бункеры или склады мелкодроблёной руды, а крупнодроблёная руда в мельницы подаётся со склада крупнодроблёной руды. Мельницы само- и полусамоизмельчения компонуются в одном пролёте по однорядной схеме при расположении мельниц перпендикулярно продольной оси отделения измельчения.

Пример компоновочного решения отделения измельчения с установкой мельниц самоизмельчения приведён на рисунке 2.1.

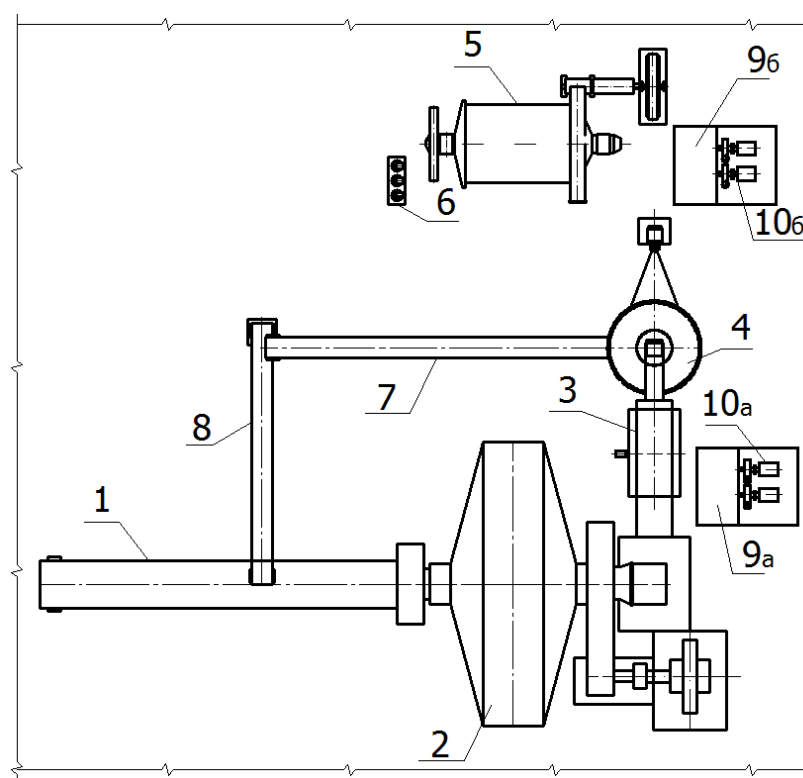


Рисунок 2.1 – Компоновочное решение отделения измельчения с установкой мельницы самоизмельчения и шаровой мельницы:

1, 7, 8 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 – грохот самобалансный; 4 – дробилка конусная; 5 – мельница шаровая; 6 – гидроциклоны; 9 – зумпфы; 10 – насосы

Руда ленточным конвейером 1 подаётся в мельницу самоизмельчения 2. На выходе из мельницы самоизмельчённая руда поступает в бутару, из которой верхний продукт самотёком поступает на самобалансный грохот 3, а нижний продукт бутары через зумпф 9а насосами 10а перекачивается в шаровую мельницу 5. Измельчённая руда подаётся в гидроциклоны 6. Пески гидроциклонов 6 поступают

на доизмельчение в шаровую мельницу, а слив в зумпф 9б и насосами 10 б на дальнейшую переработку. Верхний продукт самобалансного грохота 3 поступает в конусную дробилку 4. Дроблёная руда и нижний продукт самобалансного грохота 3 объединяются и системой конвейеров 7, 8 подаются в мельницу самоизмельчения.

При двухстадиальной схеме с измельчением разгрузки мельниц самоизмельчения в шаровых мельницах используется двухрядное расположение мельниц в одном пролёте либо расположение мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением во второй стадии при расположении мельниц в одном пролёте приведён на рисунке 2.2.

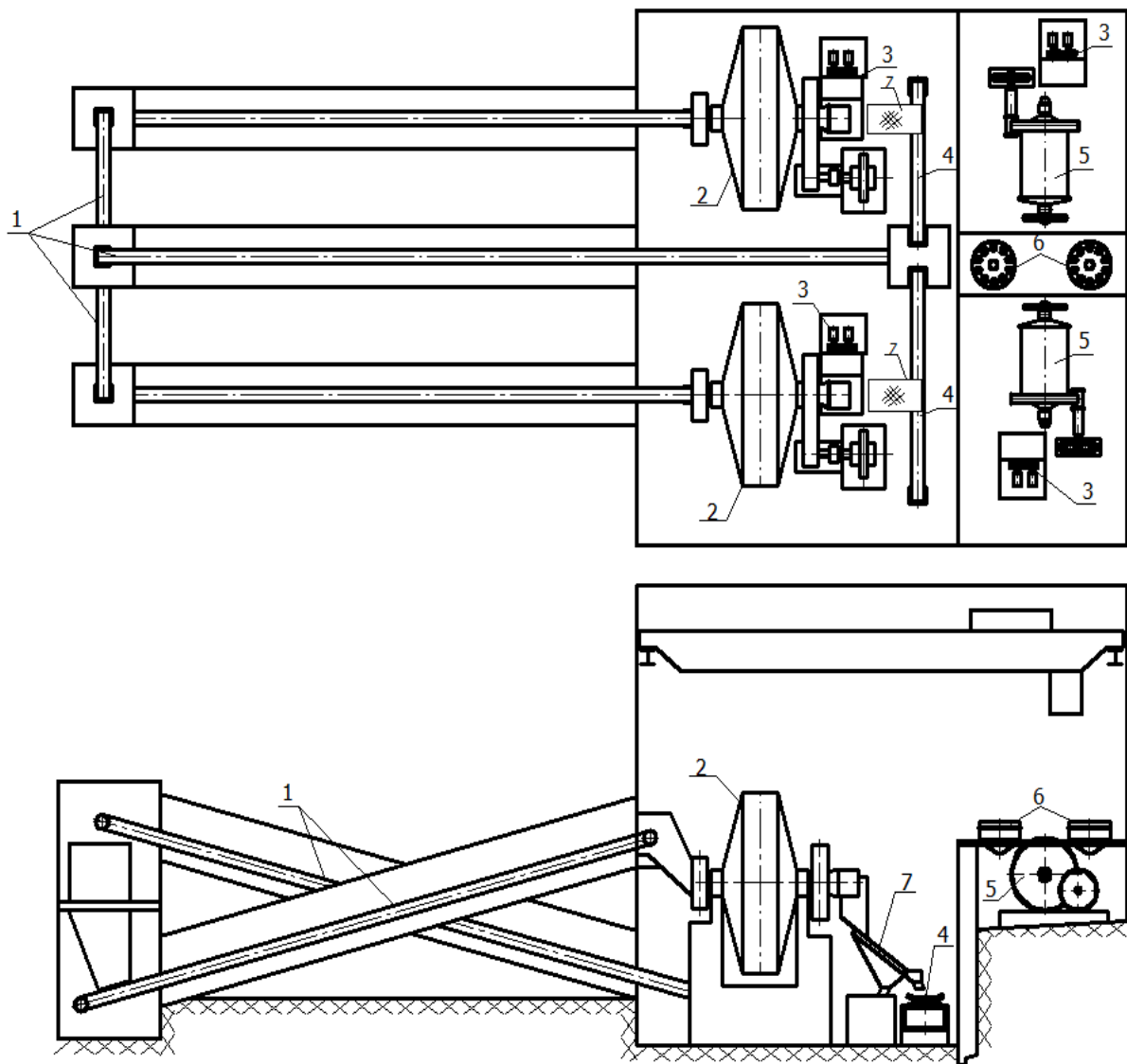


Рисунок 2.2 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения при расположении мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах:
1, 4 – конвейеры ленточные; 2 – мельницы самоизмельчения; 3 – зумпфы с насосами;
5 – мельницы шаровые; 6 – гидроциклоны; 7 – грохоты самобалансные

Такая компоновка позволяет мельницам самоизмельчения работать с любой из шаровых мельниц.

Двухрядная компоновка мельниц самоизмельчения и шаровых мельниц в разных пролётах рекомендуется в случае крутонаклонных промплощадок при самотёчной подаче измельчённого продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые мельницы.

Пример компоновочного решения цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного продукта из мельниц самоизмельчения в шаровые приведён на рисунке 2.3.

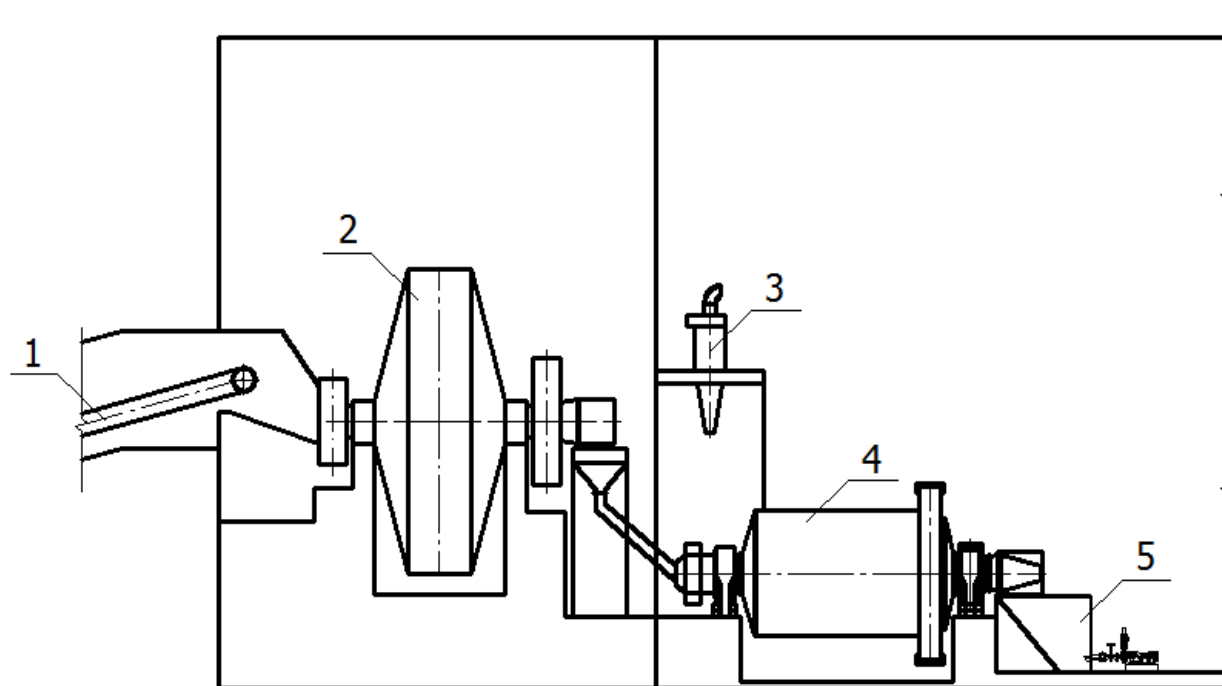


Рисунок 2.3 – Компоновочное решение цеха самоизмельчения с шаровым измельчением при самотечной подаче измельченного материала из мельницы самоизмельчения в шаровую мельницу:

1 – конвейер ленточный; 2 – мельница самоизмельчения; 3 – гидроциклоны;
4 – мельница шаровая; 5 – зумпф с насосами

В компоновочном решении, когда в схемах самоизмельчения предусматривается дробление фракций критической крупности, конусные дробилки располагаются непосредственно у разгрузки мельницы самоизмельчения, отдельно стоящие в следующем пролёте или в отдельном цехе дробления.

Для ремонта мельниц самоизмельчения применяется метод ремонта на месте. Грузоподъёмность крана даже при индивидуальном методе ремонта может достигать 100 т. Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Рекомендуемая грузоподъёмность мостового крана в отделении самоизмельчения

Метод ремонта	Грузоподъёмность крана, т	
	мельница ММС 70×23А	мельница ММС 20×30А
Индивидуальный	50	100
Машиносменный	500	–

Таким образом, компоновочные решения отделений измельчения с мельницами само- и полусамомоизмельчения характеризуются отсутствием бункерных пролётов и подачей руды в мельницы.

3. Компоновка оборудования в отделении измельчения в измельчающих валках высокого давления

Измельчающие валки высокого давления (ИВВД), в зарубежной практике называемые «роллер-прессами», находят всё более широкое применение в сфере обогащения минерального сырья для измельчения кимберлитов, железной руды, известняка, медных и золотосодержащих руд, для тонкого измельчения, например цемента.

Так, количество ИВВД к 2005 году достигло в алмазной промышленности 25, в железорудной – 20 штук. ИВВД могут быть использованы в схемах само- и полусамомоизмельчения, дробления и шарового измельчения.

В схемах дробления и измельчения материалов в ИВВД для обеспечения равномерности питания предусматривается использование приёмного устройства в виде питающего бункера с питателем. В схемах само- и полусамомоизмельчения ИВВД используются для измельчения трудных классов крупности.

Пример схемы цепей аппаратов рудоподготовки с дроблением и измельчением в ИВВД трудных классов крупности приведён на рисунке 3.1. Схема цепей аппаратов включает саморазгружающиеся вагоны 1, приёмный бункер 2, пластинчатый питатель 3, конусную дробилку 4, магистральный конвейер 5, мельницу самоизмельчения 6, конвейеры 7, 9, 11, конусную дробилку среднего дробления 8, измельчающие валки высокого давления 10, шаровую мельницу 12, зумпф 13 с насосами, гидроциклоны 14.

Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого пластинчатым питателем 3 подаётся в конусную дробилку крупного дробления 4. Дроблёный продукт из конусной дробилки 4 с помощью магистрального

конвейера 5 подается в мельницу самоизмельчения 6. Трудные классы крупности (верхний продукт бутары мельницы полусамоизмельчения) конвейером 7 подаётся в конусную дробилку среднего дробления 8, дроблёный продукт которой конвейером 9 подаётся в измельчающие валки высокого давления 10. Измельчённый продукт мельницы самоизмельчения 6 самотёком направляется в шаровую мельницу 12, работающую через зумпфы 13 с гидроциклонами 14.

Использование ИВВД в такой схеме позволяет увеличить производительность цикла рудоподготовки на 30-50 % и снизить количество шаровых мельниц.

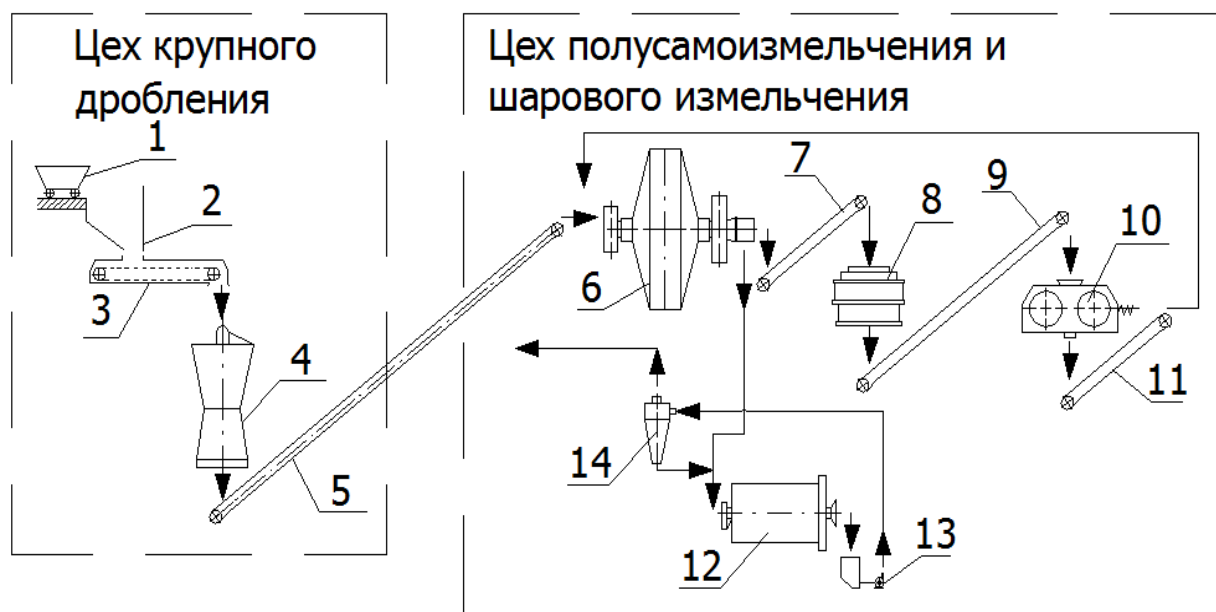
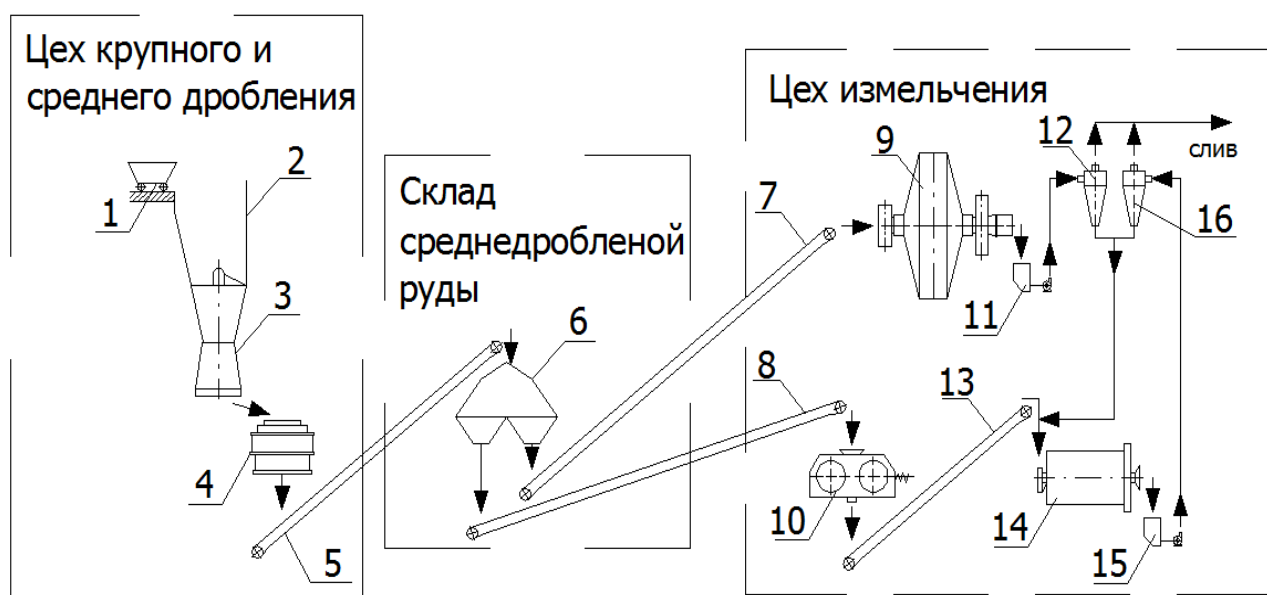


Рисунок 3.1 – Схема цепей аппаратов рудоподготовки с дроблением и измельчением в ИВВД трудных классов крупности мельниц самоизмельчения:
 1 – саморазгружающийся вагон; 2 – приёмный бункер; 3 – пластинчатый питатель;
 4 – конусная дробилка крупного дробления; 5 – магистральный конвейер;
 6 – мельница самоизмельчения; 7, 9, 11 – конвейер; 8 – конусная дробилка среднего дробления; 10 – измельчающие валки высокого давления; 12 – шаровая мельница;
 13 – зумпф с насосами; 14 – гидроциклоны

При наличии в схеме нескольких мельниц самоизмельчения между цехами дробления и самоизмельчения предусматривается использование склада крупнодроблёной руды, с подачи из которого руды на каждую мельницу самоизмельчения своим конвейером. При большом количестве мелких классов крупности в исходном питании перед конусной дробилкой крупного дробления при специальном обосновании могут быть применены грохоты, нижний продукт которых направляется непосредственно в мельницы самоизмельчения ли-

бо конвейерным транспортом, либо при большом уклоне местности самотёком.



Исходное питание с помощью саморазгружающихся вагонов 1 загружается в приёмный бункер 2, из которого попадает в конусную дробилку крупного дробления 3. Дроблёный продукт дробилки 3 самотёком направляется в конусную дробилку среднего дробления 4.

Среднедроблёная руда из дробилки 4 с помощью магистрального конвейера 5 направляется в склад среднедроблёной руды 6. Из склада 6 руда параллельно конвейерами 7 и 8 подаётся соответственно в мельницу мокрого полусамоизмельчения 9 и в ИВВД 10. Из мельницы полусамоизмельчения 9 измельчённый продукт с помощью зумпфа 11 с насосами направляется в гидроциклоны 12, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Из ИВВД 10 доизмельчённый продукт с помощью конвейера 13 также направляется в шаровую мельницу 14, работающую через зумпф 15 с насосами в замкнутом цикле с гидроциклонами 16, пески которых самотёком направляются в шаровую мельницу 14. Сливы гидроциклонов 12 и 16 направляются в операции обогащения.

ИВВД при большом их количестве могут быть выделены в отдельный цех.

В схемах тонкого измельчения материалов ИВВД могут использоваться как в качестве самостоятельной стадии измельчения, так и в качестве предварительной стадии измельчения перед измельчением в шаровых мельницах. Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию приведён на рисунке 3.3. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер 1 с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7.

Исходное питание из питающего бункера 1 с помощью питателя 2 подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого подаётся в дезинтегратор. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 за счёт разряжения, создаваемого вентилятором 7, транспортируется в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух. Песковая фракция воздушного сепаратора возвращается в ИВВД. Такая схема может быть использована при измельчении мягких пород, отличается пониженным расходом электроэнергии.

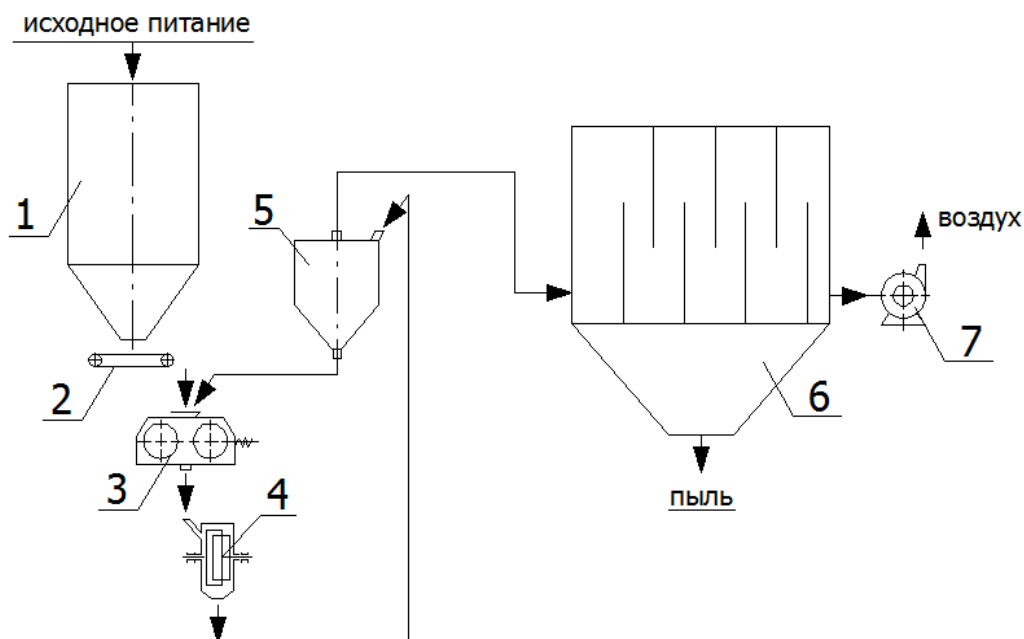
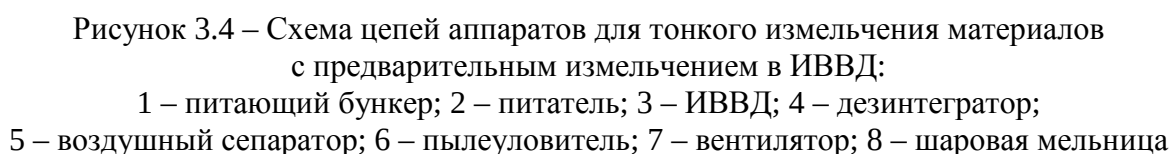


Рисунок 3.3 – Схема цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов в ИВВД в одну стадию: 1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – дезинтегратор; 5 – воздушный сепаратор; 6 – пылеуловитель; 7 – вентилятор

Пример схемы цепей аппаратов для тонкого измельчения материалов с предварительным измельчением в ИВВД приведён на рисунке 3.4. Схема цепей аппаратов включает питающий бункер с питателем 2, ИВВД 3, дезинтегратор 4, воздушный сепаратор 5, пылеуловитель 6, вентилятор 7, шаровую мельницу 8. Исходное питание из питающего бункера 1 питателями подаётся в ИВВД 3, измельчённый продукт которого направляется в дезинтегратор 4. Дезинтегрированный продукт из дезинтегратора 4 направляется в воздушный сепаратор 5.

Песковая фракция сепаратора 5 направляется в шаровую мельницу 8, измельчённый продукт которой возвращается в воздушный сепаратор 5. Тонкие классы крупности сепаратора 5 воздушными потоками направляются в пылеуловитель 6, из которого выделяются пылевой продукт и очищенный воздух.



22

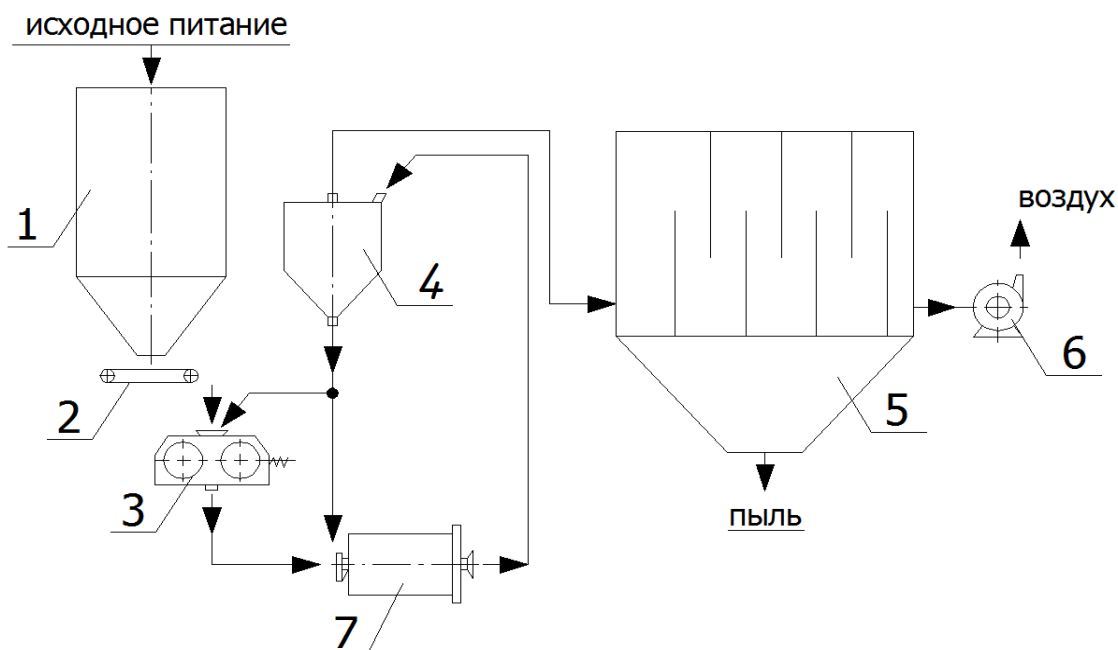


Рисунок 3.5 – Схема цепей аппаратов для тонкого двухстадиального измельчения материалов с использованием ИВВД параллельно шаровой мельнице:
1 – питающий бункер; 2 – питатель; 3 – ИВВД; 4 – воздушный циклон;
5 – пылеуловитель; 6 – вентилятор; 7 – шаровая мельница

Однолинейная схема компоновки ИВВД предусматривает расположение ИВВД по одну сторону питающих бункеров с последовательным чередованием измельчающих валков и двигателей (рисунок 3.6). Схема с чередованием модулей предусматривает размещение машин поочерёдно по обеим сторонам питательных бункеров (рисунок 3.7).

Предпочтительной является компоновка ИВВД с чередованием модулей, которая отличается простотой обслуживания, более простой конвейерной системой.

Компоновочные решения по размещению в цехе ИВВД зависят от количества аппаратов. При компоновке одного аппарата ИВВД обычно измельчающие валки размещают в одном помещении, а двигатели – в смежном помещении.

При большом количестве ИВВД предусматриваются однолинейная схема компоновки и схема с чередованием модулей.

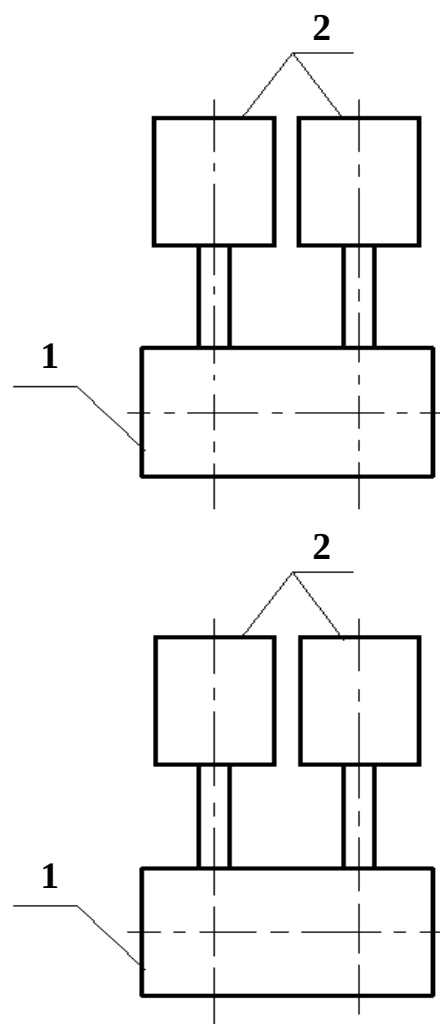


Рисунок 3.6 – Однолинейная схема компоновки ИВВД:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

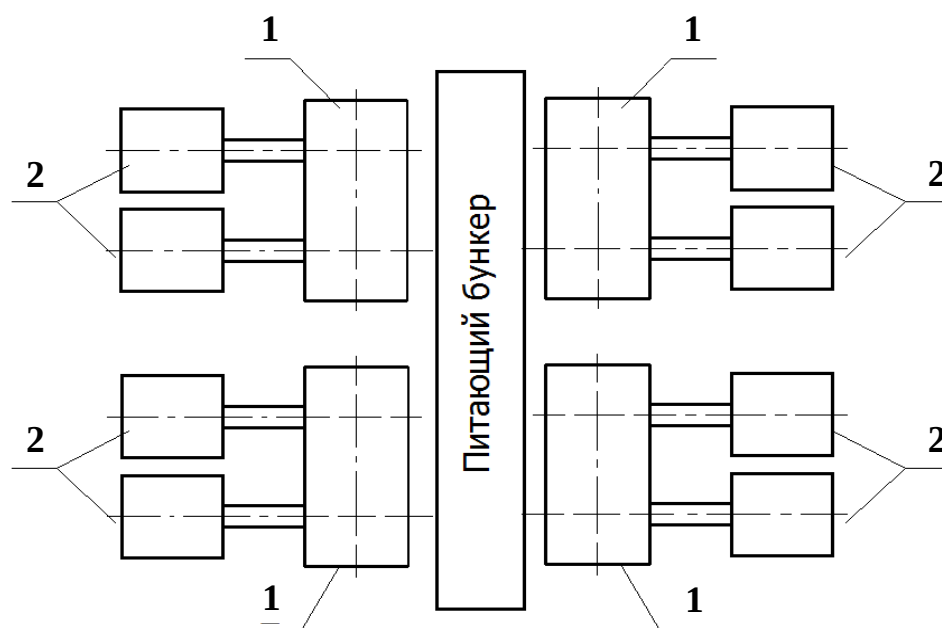


Рисунок 3.7 – Схема компоновки ИВВД с чередованием модулей:
1 – измельчающие валки; 2 – двигатели

4. Пример компоновочного решения цехов измельчения обогатительной фабрики

Пример 1. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в одном пролете на разных уровнях.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.1. Оно включает магистральный конвейер 1, шаровую мельницу 2, гидроциклоны 3, стержневую мельницу 4, зумпф с насосами 5 и мостовой кран 6. Мелкодробленая руда подаётся в шаровую мельницу 2 магистральным конвейером 1. Руда из шаровой мельницы 2 попадает в стержневую мельницу 4 самотеком, измельченная руда поступает в зумпф 5 и с помощью насосов подается в гидроциклоны 3, пески которых самотеком подаются на доизмельчение в стержневую мельницу 4, а слив – на обогащение.

Достоинствами предлагаемого компоновочного решения является компактное размещение оборудования в цехе измельчения, возможность обслуживания оборудования одним краном, возможность реализации данного решения при любом количестве мельниц.

Пример 2. Компоновочное решение цеха измельчения с размещением работающих в открытом цикле стержневых и шаровых мельниц в разных пролетах.

Компоновочное решение цеха измельчения приведено на рисунке 4.2. Оно включает конвейер со сбрасывающей тележкой 1, распределительный бункер 2, ленточные питатели 3, ленточные конвейеры 4, 10, 11, стержневые мельницы 5, шаровые мельницы 6, зумпфы с насосами 7, мостовые краны 8, 9 и кран-балку 12. Мелкодробленая руда подаётся в распределительный бункер 2 при помощи ленточных конвейеров 10, 11 и конвейера со сбрасывающей тележкой 1. Руда из распределительного бункера 2 направляется в стержневые мельницы 5 при помощи ленточных питателей 3 и ленточных конвейеров 4. Измельчённая руда из стержневой мельницы 5 самотёком поступает на измельчение в шаровую мельницу 6, из которой при помощи зумпфа с насосами подается на обогащение.

Данное компоновочное решение может быть эффективно использовано при наличии уклона местности, когда мельницы первой и второй стадий измельчения можно располагать каскадно. При работе шаровых мельниц в замкнутом цикле предусматривается установка гидроциклонов.

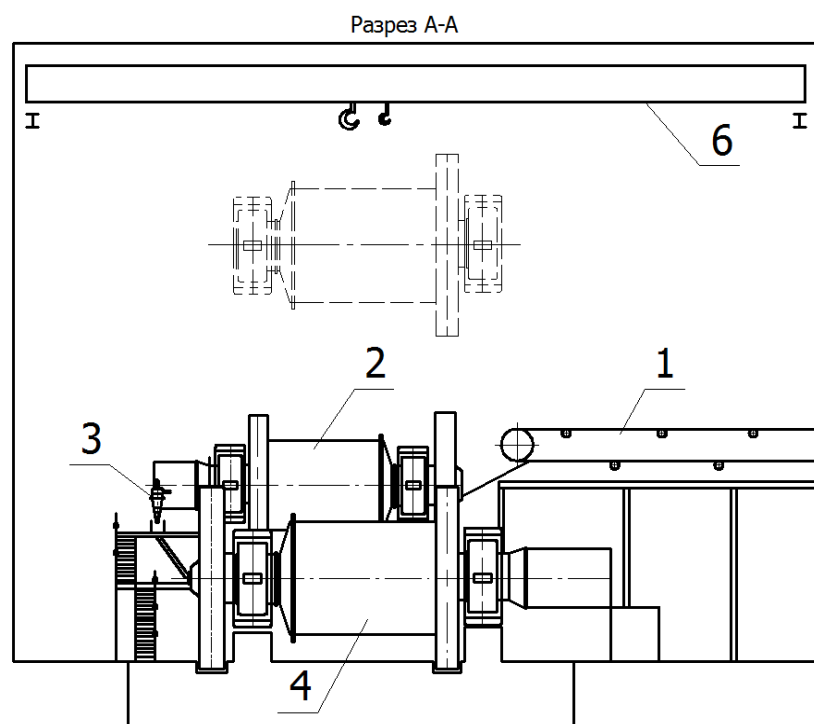
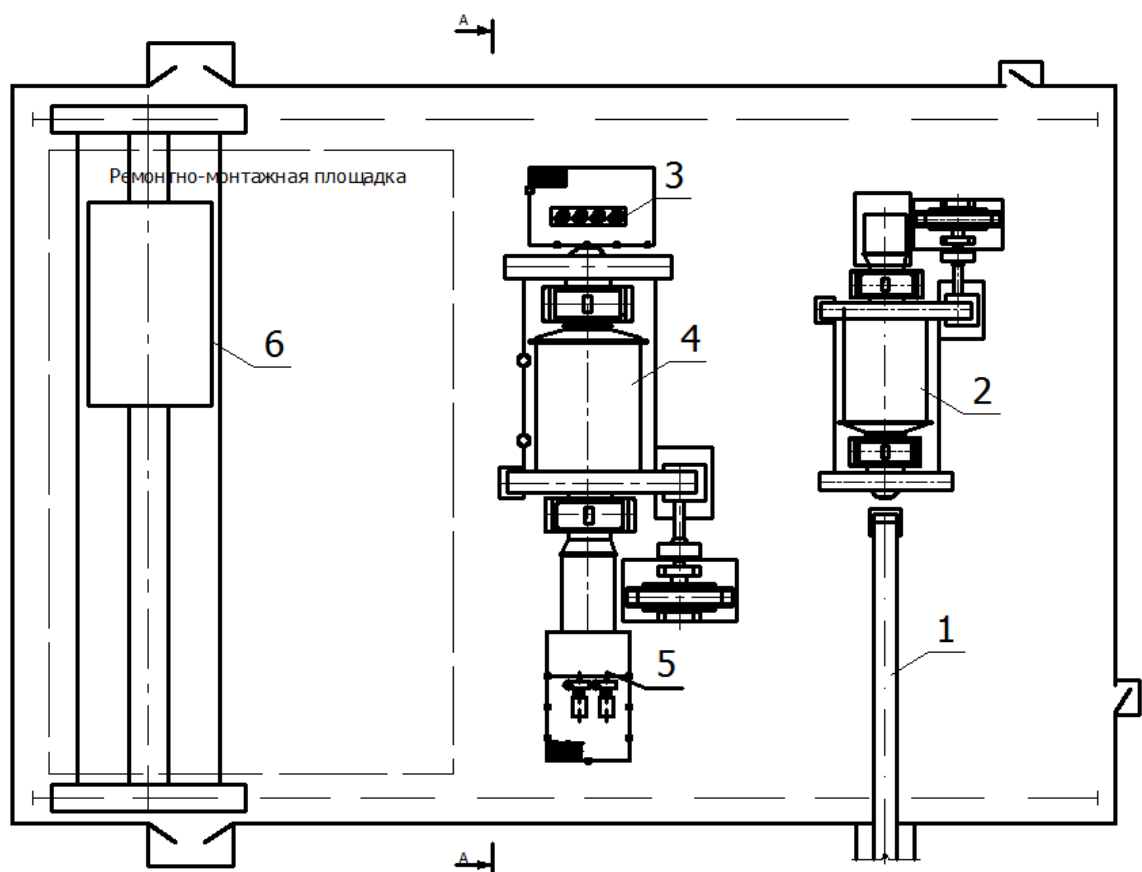


Рисунок 4.1 – Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельницы в одном пролете на разных уровнях:
 1 – магистральный конвейер; 2 – стержневая мельница; 3 – гидроциклон;
 4 – шаровая мельница; 5 – зумпф с насосами; 6 – мостовой кран

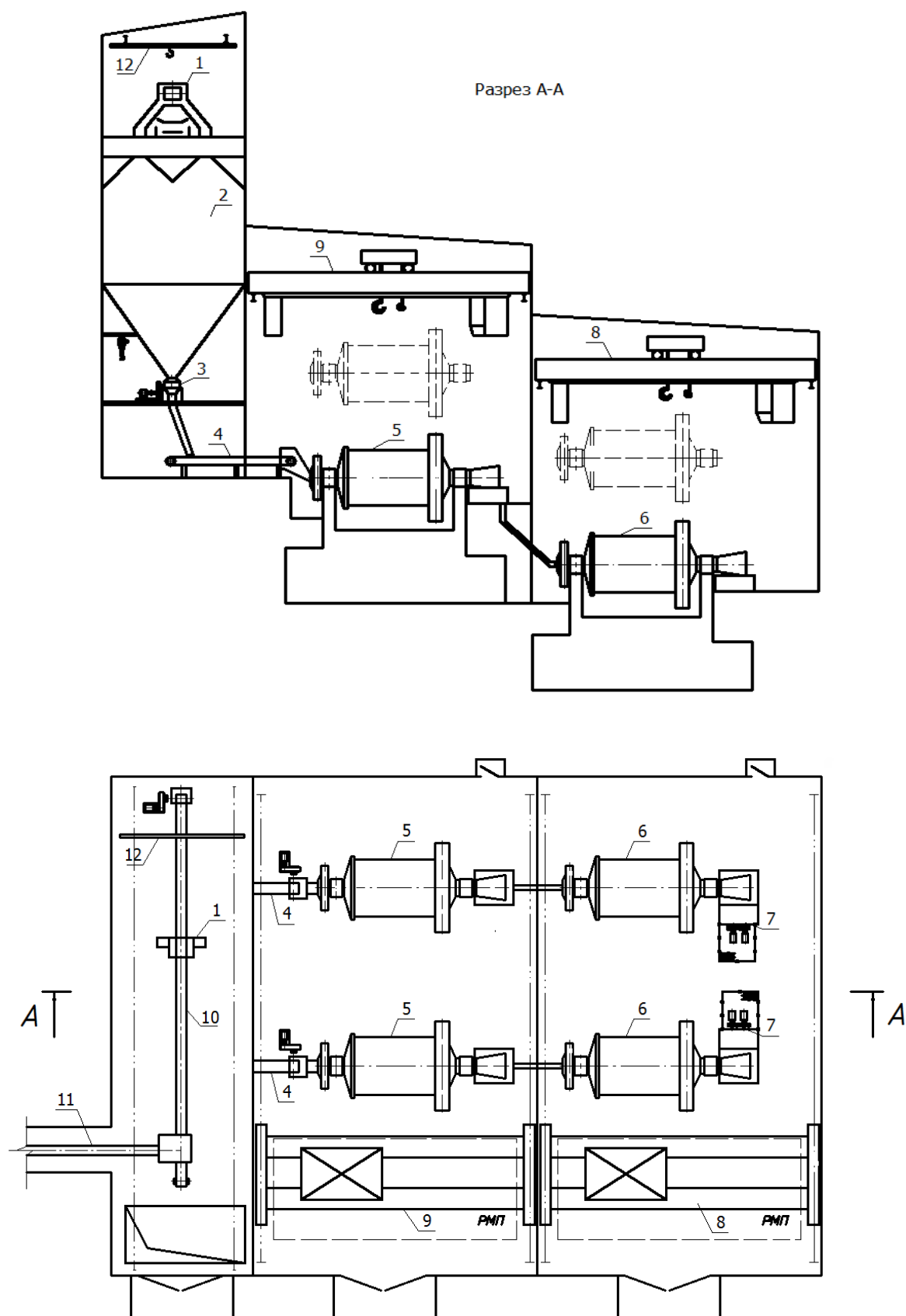


Рисунок 4.2 – Компоновочное решение цеха измельчения с размещением стержневой и шаровой мельниц в разных пролетах:

1 – конвейер со сбрасывающей тележкой; 2 – распределительный бункер;
 3 – ленточный питатель; 4, 10, 11 – ленточный конвейер; 5 – стержневые мельницы;
 6 – шаровые мельницы; 7 – зумпфы с насосами; 8, 9 – мостовой кран; 12 – кран-балка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы компоновки оборудования в цехах измельчения обогатительных фабрик.

На основе рассмотрения общих принципов компоновки оборудования на обогатительных фабриках рассмотрены особенности размещения оборудования в бункерных пролетах и пролетах измельчения.

Рассмотрены варианты компоновочных решений отделений измельчения стержневых и шаровых мельниц, отделения измельчения в мельницах само- и полусамомоизмельчения, в отделениях измельчения в измельчающих валках высокого давления.

Все варианты компоновочных решений сопровождаются примерами с рассмотрением их достоинств и недостатков, областей применения.

Для вариантов компоновки оборудования в отделения двухстадиального измельчения в стержневых и шаровых мельницах приведены примеры компоновочных решений с размещением стержневых и шаровых мельниц в одном и разных пролетах измельчения.

Достоинством учебно-методического пособия является широкое рассмотрение вариантов компоновочных решений.

Материалы, изложенные в учебно-методическом пособии, позволяют студентам получить необходимые знания в области компоновки оборудования в цехах измельчения на современном уровне, освоить необходимые компетенции, справиться с задачами компоновки оборудования при выполнении практических работ, курсовых и дипломных проектов и работ.

Учебно-методическое пособие может быть использовано работниками проектных организаций и промышленных предприятий в их производственной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Адамов Э. В. Основы проектирования обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2012. – 647 с.

Иванов Э. Э. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2004. – 157 с.

Морозов Ю. П., Водовозов К. А., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик: методические указания и задания для практических занятий по дисциплине «Проектирование обогатительных фабрик» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ) направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения / Ю. П. Морозов, К. А. Водовозов, М. Ю. Киселёв; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 68 с.

Морозов Ю. П., Киселёв М. Ю. Проектирование обогатительных фабрик. Компонировка оборудования в цехах дробления обогатительных фабрик: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 56 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 1. Состав проекта и порядок проектирования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. – 304 с.

Морозов Ю. П. Проектирование обогатительных фабрик. Часть 2. Выбор и расчет технологического оборудования: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2014. – 266 с.

Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 518 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова, Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 1. – М.: Недра, 1988. – 374 с.

Справочник по проектированию рудных обогатительных фабрик: в 2 кн. / под ред. О. Н. Тихонова Г. Т. Сазонова, В. В. Рыбакова, В. Ф. Баранова. – Кн. 2. – М.: Недра, 1988. – 341 с.

Федотов К. В., Никольская Н. И. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. – М.: Издательство «Горная книга», 2012. – 536 с.

Учебное издание

Юрий Петрович Морозов

Павел Михайлович Пеньков

Екатерина Александровна Бекчурина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕХАХ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Учебно-методическое пособие
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Подписано в печать 05.04.2017 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 ¹/₁₆.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,875. Уч.-изд. л. 2,2. Тираж 100 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Лаборатория множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.07 МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

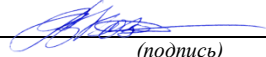
форма обучения: очная, заочная

Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего профес-
сионального образования
«Уральский государственный горный универси-
тет»

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

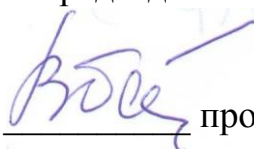
**Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения**

Екатеринбург
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического факультета
« 3 » сентября 2015 г.
Председатель комиссии

 проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения**

Р е ц е н з е н т : *С. Г. Комлев*, доцент кафедры ОПИ УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 18 марта 2015 г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Магнитные и электрические процессы: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 28 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Магнитные и электрические процессы» и требованиями к расчету схем и выбору оборудования при магнитном обогащении.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения

© Пелевин А. Е., 2015
© Уральский государственный
горный университет, 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРОДУКТОВ	
ОБОГАЩЕНИЯ МАГNETИТОВОЙ РУДЫ	5
1.1. Определение средней массовой доли железа в исходном продукте . . .	5
1.2. Расчет технологического баланса работы фабрики	6
2. РАСЧЕТ ПРОЦЕССА СУХОЙ МАГNETИТНОЙ СЕПАРАЦИИ	7
2.1. Определение технологических показателей сухой магнитной сепарации	7
2.2. Выбор типа магнитного сепаратора	9
3. РАСЧЕТ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СХЕМЫ	
ОБОГАЩЕНИЯ	10
3.1. Расчет стадий измельчения	11
3.2. Расчет операций мокрой магнитной сепарации	13
4. РАСЧЕТ ВОДНО-ШЛАМОВОЙ СХЕМЫ	16
5. РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ	19
5.1. Расчет и выбор оборудования для измельчения	19
5.2. Расчет и выбор оборудования для классификации	20
5.3. Расчет магнитных сепараторов для сухого обогащения	20
5.4. Расчет и выбор магнитных сепараторов для мокрого обогащения . .	21
6. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ЦЕПИ АППАРАТОВ.	22
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	24
ПРИЛОЖЕНИЕ А	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	26

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения направления 130400.65 «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью выполнения курсовой работы является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины СЗ.Б.С1.3 «Магнитные и электрические процессы», и приобретение навыков расчета схем обогащения и выбора технологического оборудования. Курсовая работа направлена на подготовку студента к решению практических задач.

Темой работы является расчет схемы и выбор оборудования для отделений сухой магнитной сепарации и измельчения и мокрой магнитной сепарации железообогатительной фабрики.

В задании, выдаваемом студенту, содержится фракционный состав исходной руды, исходная производительность, технологические показатели, необходимые для расчета качественно-количественной и водно-шламовой схем. Задание на курсовую работу приведено в приложении А.

Курсовая работа представляется на кафедру в виде пояснительной записки, оформленной на листах формата А4. Содержание пояснительной записки:

- 1) титульный лист, подписанный студентом;
- 2) задание;
- 3) содержание;
- 4) текст;
- 5) список литературы.

Текст пояснительной записки с расчетной частью должен включать п. 1-6 настоящих методических указаний. Схему цепи аппаратов можно предоставить на отдельном листе формата А3.

Расчеты ведутся в следующем порядке:

- 1) приводится формула определяемого показателя с его размерностью;
- 2) в формулу подставляются численные значения её составляющих;
- 3) дается пример расчета для однотипных вариантов или сам расчет с окончательным ответом с обязательным указанием размерностей;
- 4) приводится сводная расчетная таблица и, при необходимости, технико-экономическое сравнение вариантов.

Расчеты выполняются с точностью до второго знака после запятой.

1. РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО БАЛАНСА ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МАГНЕТИТОВОЙ РУДЫ

1.1. Определение средней массовой доли железа в исходном продукте

Массовая доля железа в исходном продукте определяется по известному фракционному составу или γ - и β -функциям (табл. Б. 1 приложения Б).

$\gamma(\chi)$ -функция – это зависимость выхода фракции от величины удельной магнитной восприимчивости этой фракции. $\beta(\chi)$ -функция – зависимость массовой доли полезного компонента во фракции от величины удельной магнитной восприимчивости этой фракции.

Варианты численных значений γ - и β -функций приведены в табл. Б. 1 (столбцы 5-9 и 10-14 соответственно). В курсовой работе необходимо представить эти функции графически: $\gamma(\chi)$ -функцию – в виде гистограммы, $\beta(\chi)$ -функцию – в виде непрерывной плавной зависимости. На рис. 1.1 приведен пример изображения данных функций.

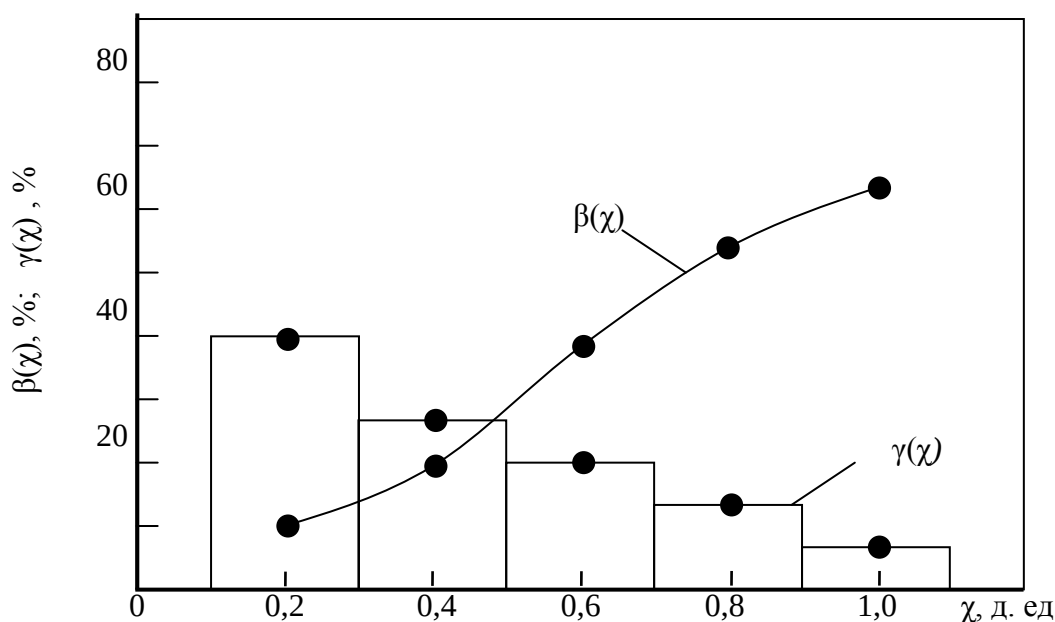


Рис. 1.1. Графическое изображение $\gamma(\chi)$ - и $\beta(\chi)$ -функций

Массовая доля в исходном продукте, %

$$\alpha = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n \gamma(\chi_i) \cdot \beta(\chi_i), \quad (1.1)$$

где α – массовая доля железа в исходной руде, %; i , n – номер и количество фракций при фракционировании руды по удельной магнитной восприимчивости.

Пример расчета α :

$$\alpha = (33 \cdot 4 + 25 \cdot 20 + 17 \cdot 37 + 16 \cdot 54 + 9 \cdot 71) / 100 = 27,64 \, \%.$$

1.2. Расчет технологического баланса работы фабрики

Исходными данными для расчета являются массовая доля железа в концентрате и его извлечение в концентрат (ст. 3, 4 табл. Б.I приложения Б). Имеющиеся данные заносят в табл. 1.1, они обведены кружками.

Таблица 1.1

Технологический баланс

Наименование продукта	Выход, %	Массовая доля железа, %	Извлечение, %
Концентрат	γ_k	β_k	ϵ_k
Хвосты	γ_x	ν_x	ϵ_x
Исходный	100	α	100

Извлечение железа в концентрат (ϵ_k), %:

$$\epsilon_k = \gamma_k \cdot \beta_k / \alpha, \quad (1.2)$$

где γ_k – выход концентрата, %; β_k – массовая доля железа в концентрате, %.

Из формулы (1.2) находим выход концентрата, %:

$$\gamma_k = \epsilon_k \cdot \alpha / \beta_k. \quad (1.3)$$

Выход хвостов (γ_x) и извлечение железа в хвосты (ϵ_x) определим по уравнениям баланса, %:

$$\gamma_x = 100 - \gamma_k; \quad \epsilon_x = 100 - \epsilon_k. \quad (1.4)$$

Используя формулу извлечения железа в хвосты, рассчитываем массовую долю железа в хвостах ν_x , %:

$$\nu_x = \epsilon_x \cdot \alpha / \gamma_x. \quad (1.5)$$

После получения технологических показателей необходимо выполнить проверку по уравнению баланса

$$100 \cdot \alpha = \gamma_k \cdot \beta_k + \gamma_x \cdot \nu_x. \quad (1.6)$$

Численные значения правой и левой частей уравнения должны быть равны.

2. РАСЧЕТ ПРОЦЕССА СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

2.1. Определение технологических показателей сухой магнитной сепарации

Перед операциями измельчения и мокрой магнитной сепарации в ряде случаев применяют сухую магнитную сепарацию дробленой руды с целью вывода из процесса части отвального продукта в крупнокусковом виде или получения крупнокускового концентрата. В курсовой работе по принятой схеме обогащения немагнитный продукт является хвостами, а магнитный продукт пойдёт на дальнейшее обогащение. При такой схеме магнитный продукт называют промпродуктом СМС.

Исходными данными для расчета являются $\gamma(\chi)$ и $\beta(\chi)$ -функции исходного продукта и сепарационные характеристики сравниваемых магнитных сепараторов. Сепарационной характеристикой аппарата называется зависимость извлечения в продукт обогащения узкой фракции от величины χ_i этой фракции [1].

В табл. 2.1 приведены возможные сепарационные характеристики сухих магнитных сепараторов.

Таблица 2.1

Индукция магнитного поля и сепарационные характеристики по магнитному продукту (промпродукту)

Тип сепаратора	Индукция магнитного поля, Тл	Сепарационная характеристика, д. ед.				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
ПБС-90/150	0,14	0,33	0,78	0,94	0,98	1,00
2ПБС-90/250	0,15	0,35	0,80	0,95	0,99	1,00
2ПБС-90/250А	0,24	0,45	0,90	0,97	1,00	1,00

В расчётной работе сепарационные характеристики для каждого аппарата необходимо представить графически и по ним определить границу разделения χ_p и величину $\text{tg}\alpha$ (рис. 2.1).

Разделительное число сепарационной характеристики по хвостам, д. ед.

$$\varepsilon_x(\chi_i) = 1 - \varepsilon_{п/п}(\chi_i). \quad (2.1)$$

Границей разделения называется величина удельной магнитной восприимчивости такой фракции, извлечение которой в концентрат и хвосты равновероятно $\varepsilon_x(\chi) = \varepsilon_{п/п}(\chi) = 0,5$. Граница разделения определяется графически (см. рис. 2.1).

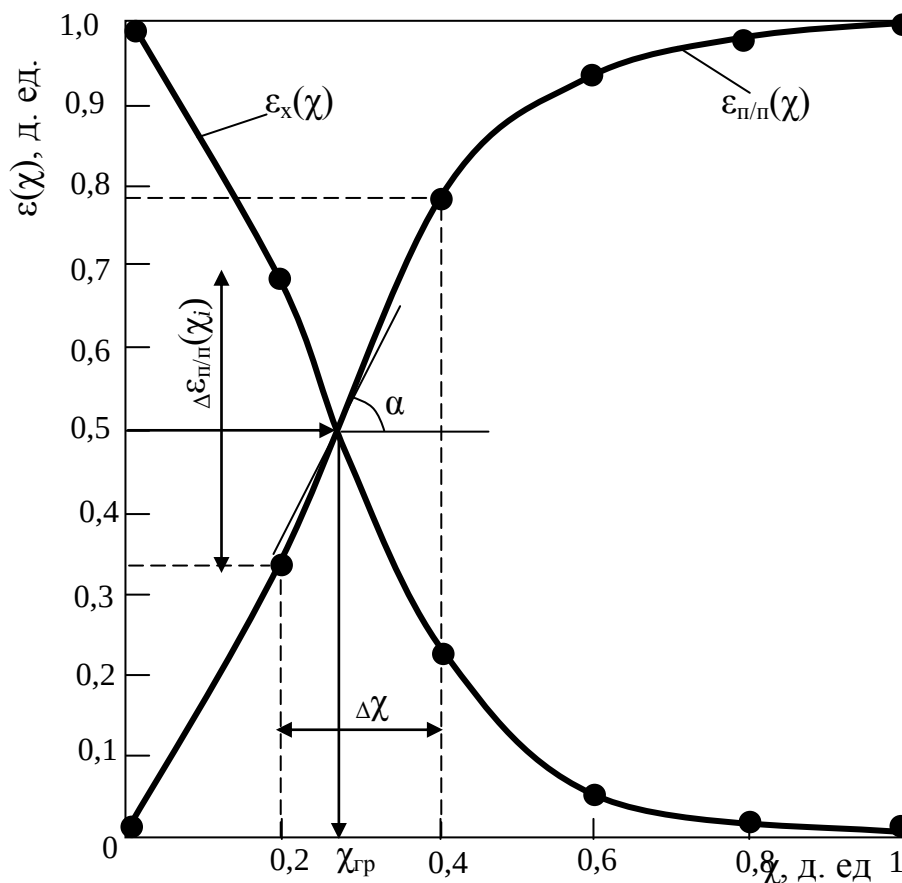


Рис. 2.1. Пример сепарационной характеристики сепаратора ПБМ-90/150: $\varepsilon_{п/п}(\chi)$ и $\varepsilon_x(\chi)$ – сепарационная характеристика по промпродукту и хвостам; α – угол наклона касательной, проходящей через рабочую точку

Крутизна сепарационной характеристики в рабочей точке, соответствующей границе разделения:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d\varepsilon_{п/п}}{d\chi} \approx \frac{\Delta\varepsilon_{п/п}}{\Delta\chi}. \quad (2.2)$$

Для определения величины $\Delta\varepsilon_{п/п}(\chi)$ необходимо из табл. 2.1 взять два разделительных числа, наиболее приближенных к $\varepsilon_{п/п}(\chi) = 0,50$ с той и другой стороны, и найти их разницу. Величина $\Delta\chi$ определится как разница удельных магнитных восприимчивостей, соответствующих разделительным числам при нахождении величины $\Delta\varepsilon_k(\chi)$. Например, для сепаратора ПБС-90/150 $\Delta\varepsilon_{п/п} = 0,78 - -0,33 = 0,45$, $\Delta\chi = 0,4 - 0,2 = 0,2$.

Технологические показатели для каждого магнитного сепаратора определяются по формулам, %:

$$\gamma_{п/п} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \varepsilon_k \varepsilon_{п/п}; \quad (2.3)$$

$$\gamma_x = \sum_{i=1}^n \gamma_{\chi_i} \cdot \varepsilon_{\chi_i} \quad (2.4)$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{\chi_i} \cdot \gamma_{\chi_i} \cdot \beta(\chi_i)}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{\chi_i} \cdot \gamma_{\chi_i}}; \quad (2.5)$$

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{\chi_i} \cdot \gamma_{\chi_i} \cdot \beta(\chi_i)}{\sum_{i=1}^n \varepsilon_{\chi_i} \cdot \gamma_{\chi_i}}. \quad (2.6)$$

Извлечение в промпродукт определяется по формуле (1.2), в хвосты – по формуле (1.4).

Пример расчета показателей для сепаратора 2ПБС-90/250А:

$$\beta = \frac{0,45 \cdot 22 \cdot 7 + 0,9 \cdot 21 \cdot 19 + 0,97 \cdot 20 \cdot 39 + 1,0 \cdot 19 \cdot 53 + 1,0 \cdot 18 \cdot 69}{0,45 \cdot 22 + 0,9 \cdot 21 + 0,97 \cdot 20 + 1,0 \cdot 19 + 1,0 \cdot 18} = 40,31 \%;$$

$$\gamma_{п/п} = 0,45 \cdot 22 + 0,9 \cdot 21 + 0,97 \cdot 20 + 1,0 \cdot 19 + 1,0 \cdot 18 = 85,20 \%;$$

$$v = \frac{0,55 \cdot 22 \cdot 7 + 0,1 \cdot 21 \cdot 19 + 0,03 \cdot 20 \cdot 39 + 0 \cdot 19 \cdot 53 + 0 \cdot 18 \cdot 69}{0,55 \cdot 22 + 0,1 \cdot 21 + 0,03 \cdot 20 + 0 \cdot 19 + 0 \cdot 18} = 10,00 \%;$$

$$\gamma_x = 0,55 \cdot 22 + 0,1 \cdot 21 + 0,03 \cdot 20 + 0 \cdot 19 + 0 \cdot 18 = 14,8 \%.$$

Результаты расчетов сводятся в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Показатели разделения руды в сухих магнитных сепараторах

Тип сепаратора	Промпродукт, %			Хвосты, %		
	выход	массовая доля	извлечение	выход	массовая доля	извлечение
ПБС-90/150						
2ПБС-90/250						
2ПБС-90/250А						

После расчёта технологических показателей необходимо для каждого сепаратора выполнить проверку по уравнению (1.6).

2.2. Выбор типа магнитного сепаратора

В курсовой работе приняты следующие условия целесообразности применения сухой магнитной сепарации:

$$\begin{cases} v^{\text{СМС}} \leq 1,1 \cdot v_{\text{фабр.}}; \\ \gamma_x^{\text{СМС}} > 5 \%, \end{cases} \quad (2.7)$$

где $v^{\text{СМС}}$, $\gamma_x^{\text{СМС}}$ – показатели по хвостам сухой магнитной сепарации (см. табл. 2.2); $v_{\text{фабр.}}$ – показатель по хвостам общефабричного технологического баланса (см. табл. 1.1).

Показатели разделения по хвостам каждого магнитного сепаратора сравниваются по условиям (2.7). Если хотя бы одно из условий не выполняется, то данный сепаратор не следует применять. Если условия (2.7) соответствуют результатам разделения на нескольких сепараторах, то необходимо принять сепаратор, обеспечивающий больший выход хвостов. Параметры сепараторов приведены в литературе [2, 3] и на сайтах заводов-производителей, например – <http://www.rudgormash.ru/>.

Если результаты разделения всех заданных магнитных сепараторов не удовлетворяют данному условию, необходимо построить зависимости $v^{\text{СМС}}$, $\gamma_x^{\text{СМС}}$ от индукции магнитного поля сепаратора и сделать вывод, в какую сторону необходимо изменить индукцию для выполнения условия (2.7).

3. РАСЧЕТ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННОЙ СХЕМЫ ОБОГАЩЕНИЯ

Цель расчета заключается в определении выходов всех продуктов схемы переработки магнетитовой руды. Исходными данными являются массовые доли железа и класса –71 мкм в продуктах обогащения, измельчения и классификации, задаваемые преподавателем на основании исследовательских работ и данных опробований технологического процесса на действующих фабриках.

В расчётной работе принята схема, включающая три стадии измельчения и три стадии (четыре операции) магнитного обогащения (рис. 3.1). Все продукты схемы необходимо пронумеровать.

Если в п. 2 настоящего учебно-методического пособия не принята сухая магнитная сепарация, то исходный продукт полностью направляется на I ст. измельчения, если принята – то на измельчение поступает промпродукт сухой магнитной сепарации.

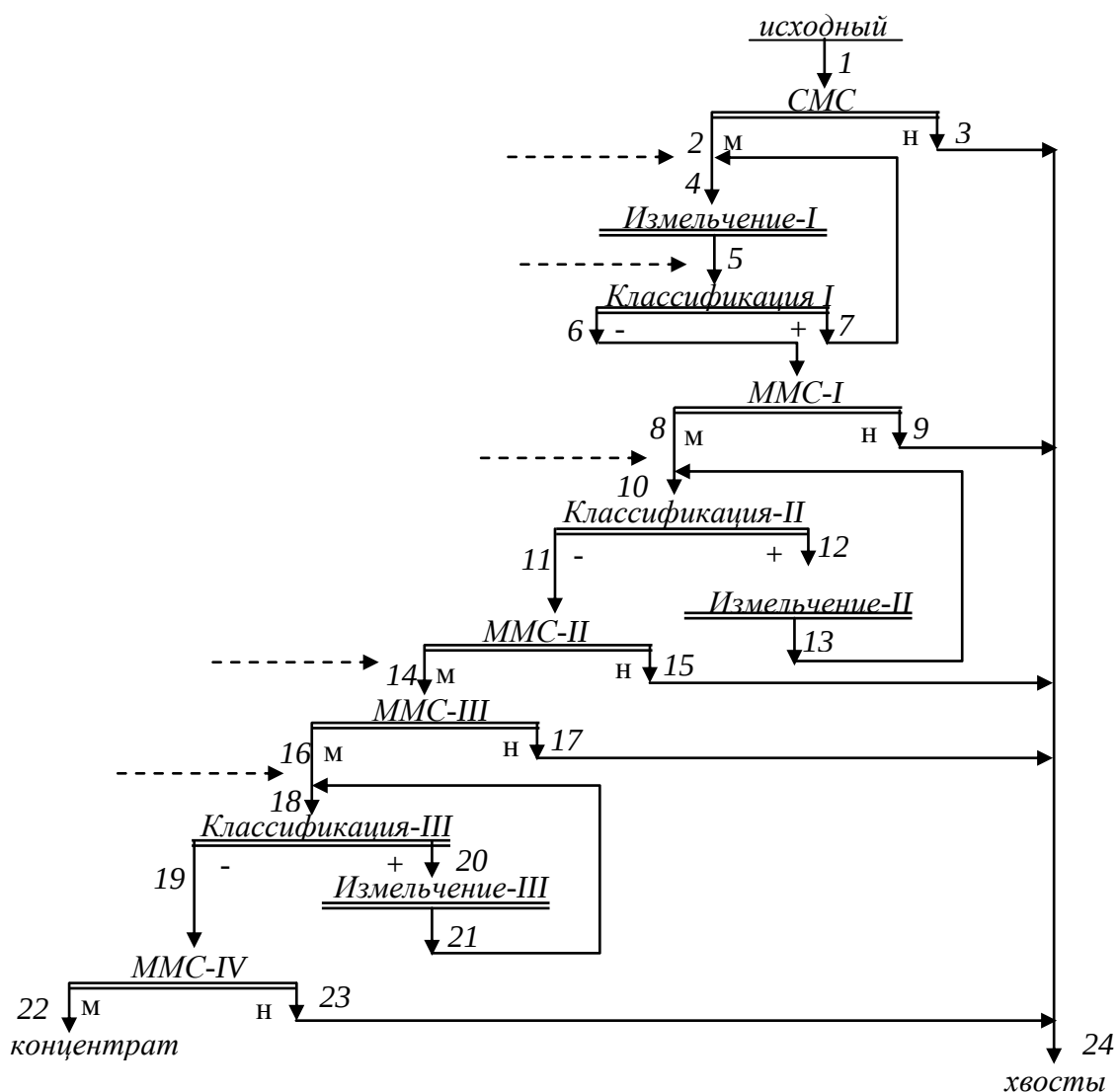


Рис. 3.1. Схема обогащения магнетитовой руды:
ММС, СМС – операции мокрой и сухой магнитной сепарации; м, н – магнитный и немагнитный продукты; «-», «+» – слив и пески классификатора или гидроциклона; «----->» – подача технологической воды

Расчет стадий измельчения ведут по массовой доле класса –71 мкм, а операций магнитного обогащения – по массовой доле железа.

3.1. Расчет стадий измельчения

В принятой схеме обогащения в I стадии измельчения использована схема с поверочной классификацией (рис. 3.2), во II и III стадиях – с предварительной классификацией (рис. 3.3).

Исходные данные для расчетов приведены в табл. Б.2 приложения Б. Нумерация продуктов на рис. 3.2 и 3.3 не соответствует нумерации продуктов на рис. 3.1, что необходимо учитывать при расчете общей схемы.

Исходные данные для расчета I стадии измельчения с поверочной классификацией (см. рис. 3.2): β_1^{-71} , β_2^{-71} , β_3^{-71} , β_4^{-71} , $\gamma_1 = \gamma_3$, где β_j^{-71} – массовая доля класса –71 мкм в j -м продукте. Если сухая магнитная сепарация не принята к использованию, то $\gamma_1 = 100\%$, если СМС используется, то величина γ_1 равна выходу промпродукта принятого сухого магнитного сепаратора ($\gamma_{п/п}$ из табл. 2.2).

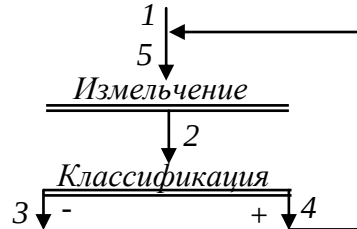


Рис. 3.2. Цикл измельчения с поверочной классификацией

Запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} \gamma_2 = \gamma_3 + \gamma_4; \\ \gamma_2 \cdot \beta_2^{-71} = \gamma_3 \cdot \beta_3^{-71} + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71}. \end{cases} \quad (3.1)$$

Решая систему уравнений (3.1), получим расчетные формулы, %:

$$\gamma_4 = \gamma_3 \cdot (\beta_3^{-71} - \beta_2^{-71}) / (\beta_2^{-71} - \beta_4^{-71}); \quad (3.2)$$

$$\gamma_2 = \gamma_5 = \gamma_3 + \gamma_4. \quad (3.3)$$

Величина β_5^{-71} , %:

$$\beta_5^{-71} = (\beta_1^{-71} \cdot \gamma_1 + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71}) / \gamma_5. \quad (3.4)$$

Исходные данные для расчета II и III стадий измельчения с предварительной классификацией (см. рис. 3.3): β_1^{-71} , β_2^{-71} , β_3^{-71} , β_4^{-71} , $\gamma_1 = \gamma_2$. Величины $\gamma_1 = \gamma_2$ для расчёта III стадии измельчения будут известны после расчёта операции ММС-IV, а для расчёта II стадии измельчения – после расчёта операции ММС-II.

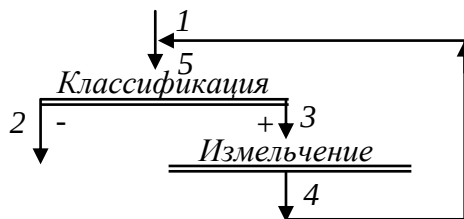


Рис. 3.3. Цикл измельчения с предварительной классификацией

Запишем соотношение:

$$\gamma_1 \cdot \beta_1^{-71} + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71} = \gamma_2 \cdot \beta_2^{-71} + \gamma_3 \cdot \beta_3^{-71}. \quad (3.5)$$

Учитывая, что $\gamma_1 = \gamma_2$ и $\gamma_3 = \gamma_4$, получим, %:

$$\gamma_3 = \gamma_4 = \frac{\gamma_1 (\beta_2^{-71} - \beta_1^{-71})}{(\beta_4^{-71} - \beta_3^{-71})}. \quad (3.6)$$

Уравнения для величин γ_5 и β_5^{-71} следующие:

$$\gamma_5 = \gamma_1 + \gamma_4 = \gamma_2 + \gamma_3; \quad (3.7)$$

$$\beta_5^{-71} = (\gamma_1 \cdot \beta_1^{-71} + \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71}) / \gamma_5 = (\gamma_2 \cdot \beta_2^{-71} + \gamma_3 \cdot \beta_3^{-71}) / \gamma_5. \quad (3.8)$$

Величину β_5^{-71} необходимо рассчитать по обеим формулам и сопоставить результаты.

Для каждого цикла измельчения рассчитывают циркулирующую нагрузку, %:

$$C = \frac{\gamma_{\text{ц}}}{\gamma_{\text{исх}}} \cdot 100, \quad (3.9)$$

где $\gamma_{\text{ц}}$ и $\gamma_{\text{исх}}$ – выходы 4-го и 1-го продуктов, % (см. рис. 3.2, 3.3).

3.2. Расчет операций мокрой магнитной сепарации

Расчет схемы обогащения ведут начиная с конечных операций – от операции ММС-IV до операции ММС-I.

Операция ММС-IV

Исходные данные для расчета операции ММС-IV: $\beta_{22} = \beta_{\text{к}}$, $\gamma_{22} = \gamma_{\text{к}}$, $\beta_{23} = 0,9 \cdot \beta_{24}$, $\beta_{24} = v_{\text{х}}$ (см. табл. 1.1), $\beta_{19} = 0,9 \cdot \beta_{22}$, где β_i – массовая доля железа в i -м продукте. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \gamma_{19} = \gamma_{22} + \gamma_{23}; \\ \gamma_{19} \cdot \beta_{19} = \gamma_{22} \cdot \beta_{22} + \gamma_{23} \cdot \beta_{23}. \end{cases} \quad (3.10)$$

Решая систему относительно γ_{23} , получим, %:

$$\gamma_{23} = \gamma_{22} \cdot (\beta_{22} - \beta_{19}) / (\beta_{19} - \beta_{23}); \quad (3.11)$$

$$\gamma_{19} = \gamma_{16} = \gamma_{22} + \gamma_{23}. \quad (3.12)$$

Третья стадия измельчения

Выполняем расчёт по формулам (3.5)-(3.9).

Операция ММС-III

Исходные данные для расчета операции ММС-III: $\gamma_{16} = \gamma_{19}$, $\beta_{16} = \beta_{19}$, $\beta_{17} = (0,9 \div 0,95) \cdot \beta_{24}$, $\beta_{14} = (0,9 \div 0,85) \cdot \beta_{16}$. Запишем систему

уравнений:

$$\begin{cases} \gamma_{14} = \gamma_{16} + \gamma_{17}; \\ \gamma_{14} \cdot \beta_{14} = \gamma_{16} \cdot \beta_{16} + \gamma_{17} \cdot \beta_{17}. \end{cases} \quad (3.13)$$

Решая данную систему, найдем γ_{14} и γ_{17} .

Операция ММС-II

Исходные данные для расчета операции ММС-II: γ_{14} , β_{14} , $\beta_{15} = (0,95 \div 1,0) \cdot \beta_{24}$, $\beta_{11} = (0,85 \div 0,8) \cdot \beta_{14}$. Для определения γ_{15} и γ_{11} необходимо решить систему уравнений

$$\begin{cases} \gamma_{11} = \gamma_{14} + \gamma_{15}; \\ \gamma_{11} \cdot \beta_{11} = \gamma_{14} \cdot \beta_{14} + \gamma_{15} \cdot \beta_{15}. \end{cases} \quad (3.14)$$

Третья стадия измельчения

Выполняем расчёт по формулам (3.5)-(3.9).

Операция ММС-I

Исходные данные для расчета операции ММС-I: $\gamma_8 = \gamma_{11}$; $\beta_8 = \beta_{11}$; $\beta_6 = \beta_2$; $\gamma_6 = \gamma_2$; где β_2 и γ_2 – массовая доля железа и выход промпродукта СМС (см. табл. 2.2), если сухая магнитная сепарация предусмотрена. Если сухая магнитная сепарация не используется, β_2 и γ_2 – массовая доля железа и выход исходной дробленой руды, т. е. $\gamma_2 = 100\%$; $\beta_2 = \alpha$ (см. табл. 1.1). Для расчета используются формулы:

$$\gamma_9 = \gamma_6 - \gamma_8; \quad (3.15)$$

$$\beta_9 = (\gamma_6 \beta_6 - \gamma_8 \beta_8) / \gamma_9, \%. \quad (3.16)$$

Для каждого j -го продукта схемы рассчитывают извлечение, %:

$$\varepsilon_j = \frac{\beta_j \cdot \gamma_j}{\alpha}, \quad (3.17)$$

где α – массовая доля железа в исходном продукте (см. табл. 1.1), %.

В конце расчета необходимо выполнить проверку по соотношениям:

$$\gamma_{24} = \gamma_{23} + \gamma_{17} + \gamma_{15} + \gamma_9 + \gamma_3; \quad (3.18)$$

$$\gamma_{24} \beta_{24} = \gamma_{23} \beta_{23} + \gamma_{17} \beta_{17} + \gamma_{15} \beta_{15} + \gamma_9 \beta_9 + \gamma_3 \beta_3. \quad (3.19)$$

Заканчивается раздел составлением таблицы и рисунком качественно-количественной схемы, форма которых приведена в табл. 3.1 и на рис. 3.4.

Таблица 3.1.

Результаты расчета качественно-количественной схемы

Поступает					Выходит				
наименование продуктов	выход, %	массовая доля, %		извлечение, %	наименование продуктов	выход, %	массовая доля, %		извлечение, %
		железа	кл. –71 мкм				железа	кл. –71 мкм	
Сухая магнитная сепарация									
1. Исходный	100	α	-	100	2. Магнитный	γ_2	β_2	β_2^{-71}	ε_2
					3. Немагнитный	γ_3	β_3	-	ε_3
Всего:	100	α	-	100	Всего:	100	α	-	100
Измельчение I									
2. Магнитный СМС	γ_2	β_2	β_2^{-71}	ε_2	5. Измельченный	γ_5	-	β_5^{-71}	-
7. Пески классификации	γ_7	-	β_7^{-71}	-					
Всего:	γ_4	-	β_4^{-71}	-					

и т. д. по всей схеме

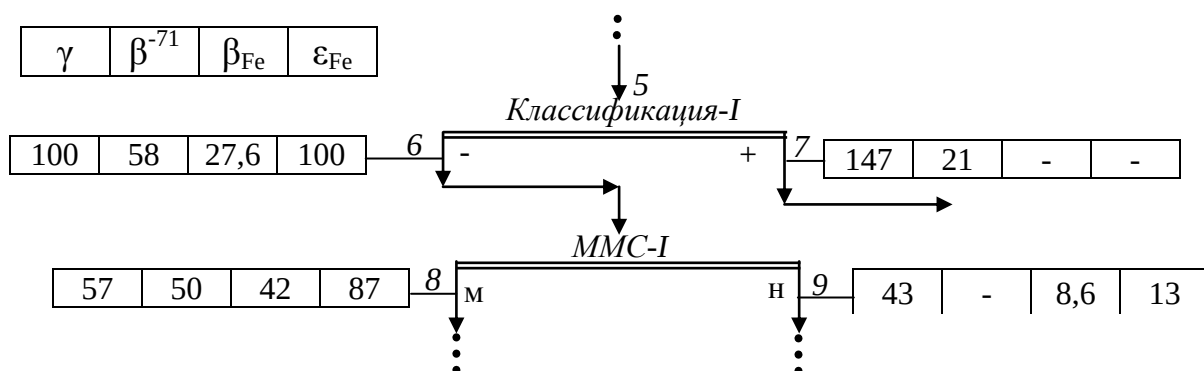


Рис. 3.4. Пример качественно-количественной схемы обогащения

4. РАСЧЕТ ВОДНО-ШЛАМОВОЙ СХЕМЫ

Расчет водно-шламовой схемы и составление баланса по воде выполняют для определения количества воды, подаваемой в операции; определения объема пульпы и её плотности; для нахождения общей потребности воды на 1 т перерабатываемого продукта.

Исходными данными для расчетов являются производительность по твердому, процентные содержания твердого в продуктах. Производительность по твердому j -й операции, т/ч:

$$Q_j = \gamma_j \cdot Q_{\text{исх}} / 100, \quad (4.1)$$

где $Q_{\text{исх}}$ – исходная производительность фабрики (столбец 2 табл. П.1 Приложения 2).

Содержание твердого в продуктах обогащения (см. рис. 3.1) необходимо принять следующее:

% тв.1 = %тв.2 = 98 %;	% тв.5 = 70 %;	% тв.6 = 35 %;
% тв.7 = 75 %;	% тв.8 = 55 %;	% тв.11 = 25 %;
% тв.12=%тв.13 = 68 %;	% тв.14 = 50 %;	% тв.16 = 50 %;
% тв.17 = 10 %;	% тв.19 = 22 %;	% тв.20=% тв.21= 60 %;
% тв. 22 = 50 %.		

Содержание твердого в продуктах можно принять и по данным работы железообогатительных фабрик.

Для принятой схемы вода дополнительно подается в операции измельчения-I, операции классификации-I, II, III и в операцию ММС-III (см. рис. 3.1).

Результаты оформляют в виде табл. 4.1.

Таблица 4.1

Расчет водно-шламовой схемы магнитной сепарации

Поступает						Выходит					
номер и наименование продуктов	твердое		жидкое		всего, т/ч	номер и наимено- вание продуктов	твердое		жидкое		всего, т/ч
	%	т/ч	%	т/ч			%	т/ч	%	т/ч	
Измельчение-I											
2. Магнитный СМС	98,00	1000,00	2,00	20,41	1020,41	5. Измельчен- ный	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81
7. Пески классификации	75,00	1466,67	25,00	488,89	1955,56						
Вода	-	-	100,0	547,84	547,84						
Всего:	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81	Всего:	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81
Классификация-I											
5. Измельченный	70,00	2466,67	30,00	1057,14	3523,81	6. Слив	35,00	1000,00	65,00	1857,14	2857,14
Вода	-	-	100,0	1288,89	1288,89	7. Пески	75,00	1466,67	25,00	488,89	1955,56
Всего:	51,25	2466,67	48,75	2346,03	4812,70	Всего:	51,25	2466,67	48,75	2346,03	4812,70

и т. д. по всей схеме.

Для расчетов используются соотношения:

$$\% \text{ ж.} = 100 - \% \text{ тв.}, \% \quad (4.2)$$

$$W = Q \cdot \frac{\% \text{ ж.}}{\% \text{ тв.}}, \text{ т/ч}, \quad (4.3)$$

$$L = Q + W, \quad (4.4)$$

$$\% \text{ ж.} = \frac{W}{L} \cdot 100 \%, \quad \% \text{ тв.} = \frac{Q}{L} \cdot 100 \%, \quad (4.5)$$

где % ж., % тв. – процентные содержания жидкого и твердого в продукте, %; Q , W , L – масса твердого, масса или объем жидкого и общая масса продукта, т/ч, м³/ч, т/ч соответственно.

Расчет водно-шламовой схемы начинают с «головы» процесса, от операции измельчения I к операции ММС-IV. Сухая магнитная сепарация не рассчитывается.

Порядок расчета следующий:

1. По формуле (4.1) рассчитывают величины Q_i и заносят в табл. 4.1.
2. Определяют для продуктов схемы показатели, % ж, (4.2).
3. Вычисляют величины W , (4.3).
4. Определяют суммарные массы продуктов и их составляющих.
5. Если величина % тв. не задана, её рассчитывают по формуле (4.5).

Примеры расчета водно-шламовой схемы приведены в работах [4, 5].

Водно-шламовая схема дает возможность составить баланс по воде (табл. 4.2). Суммарное количество воды, поступающее в процесс, должно равняться суммарному количеству воды, уходящему из процесса с конечными продуктами.

Таблица 4.2

Баланс воды по фабрике, м³/ч

Поступает в операцию		Выходит с продуктом	
1. В измельчение I с концентратом СМС	W_2	1. Хвосты ММС-I	W_9
2. В измельчение I	W_4	2. Хвосты ММС-II	W_{15}
3. В классификацию I	W_5	3. Хвосты ММС-III	W_{17}
4. В классификацию II	W_{10}	4. Хвосты ММС-IV	W_{23}
5. В ММС-III	W_{14}	5. Концентрат ММС-IV	W_{22}
6. В классификацию III	W_{18}		
Всего:	ΣW	Всего:	ΣW

Определив общий расход воды, равный $\Sigma W - W_2$, находят удельный её расход на 1 т обогащаемой руды.

$$q = (\Sigma W - W_2) / Q_{\text{исх.}} \quad (4.6)$$

Обычно эта величина находится в пределах 3-8 м³/т.

Пример схемы приведен на рис. 4.1.

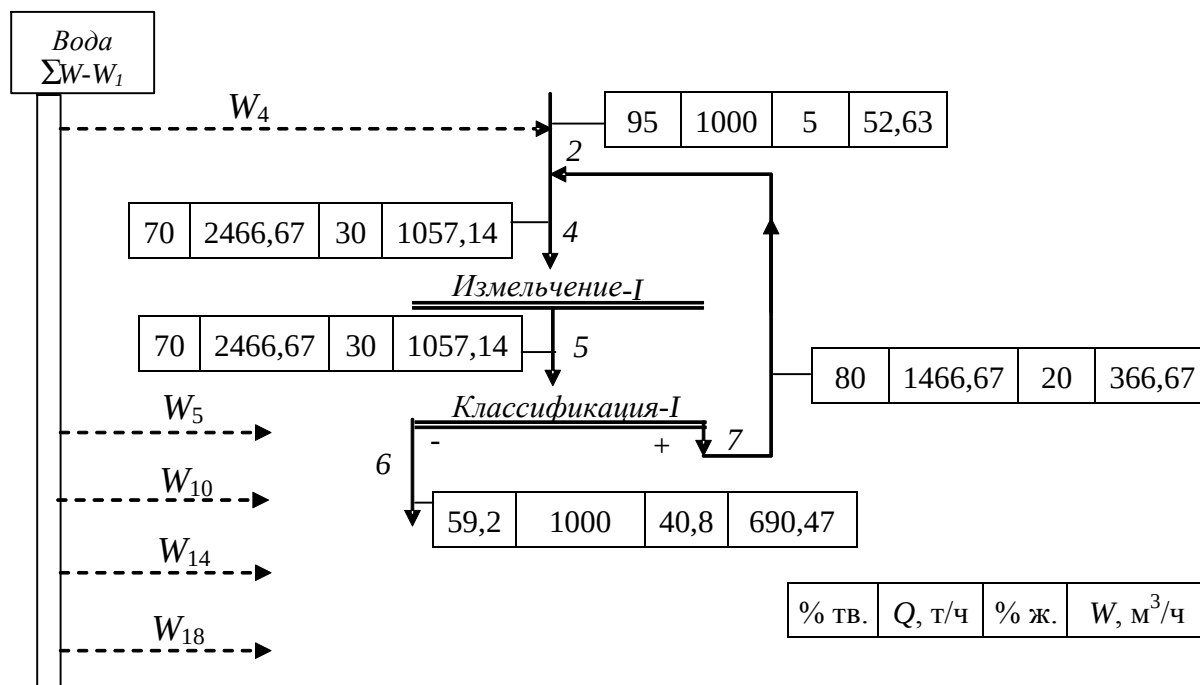


Рис. 4.1. Пример составления водно-шламовой схемы

Заканчивается раздел составлением водно-шламовой схемы с указанием общего расхода воды, точек подачи воды с её количеством и показателей % тв., % ж., Q, W для каждой операции.

5. РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.1. Расчет и выбор оборудования для измельчения

В курсовой работе принята схема с трехстадиальным измельчением. В I, II и III стадиях измельчения необходимо использовать шаровые мельницы с центральной разгрузкой или через решётку.

Рекомендации по выбору типа мельниц приведены в литературе [4], по расчету – в [4, 5, 6].

Выбор мельниц выполняется в следующей последовательности:

- определение необходимой производительности цикла измельчения по расчетному классу;
- определение удельной производительности выбранных типов-размеров мельницы для проектных условий;
- расчет необходимого объёма мельниц;

г) определение количества мельниц.

В пояснительной записке необходимо привести расчет для одного типоразмера мельницы. Результаты расчетов необходимо свести в таблицы, форма которых приведена в литературе [5].

5.2. Расчет и выбор оборудования для классификации

В первом цикле измельчения для классификации необходимо применить спиральные классификаторы, во II и III – гидроциклоны. Количество спиральных классификаторов, устанавливаемых с одной мельницей, как правило, равно единице.

Рекомендации по выбору типа классифицирующего оборудования приведены в книге [4], характеристики оборудования – в книге [6], порядок и пример расчета – в книгах [4, 5, 6].

Порядок расчета спиральных классификаторов [5]:

- а) определение необходимого диаметра спирали;
- б) выбор ближайшего наибольшего значения диаметра из каталогов или литературы [6];
- в) определение производительности выбранного типоразмера классификатора по сливу;
- г) проверка производительности по пескам.

Порядок расчета гидроциклонов [5]:

- а) выбирают несколько типоразмеров гидроциклонов;
- б) по каждому варианту рассчитывают производительность и количество гидроциклонов;
- в) для выбранных типоразмеров подбирают размер песковой насадки, и он проверяется по величине нагрузки.

В пояснительной записке необходимо привести расчёт для спирального классификатора и пример расчета для гидроциклонов.

5.3. Расчет магнитных сепараторов для сухого обогащения

Рекомендации по выбору и расчету магнитных сепараторов для сухого обогащения приведены в литературе [2, 3, 4].

Количество магнитных сепараторов, шт.:

$$N = \frac{Q_{\text{исх.}}}{Q}, \quad (5.1)$$

где $Q_{\text{исх.}}$ – исходная производительность операции сухой магнитной сепарации, т/ч; Q – производительность одного сепаратора, т/ч.

Производительность сепаратора, т/ч:

$$Q = 0,82 n (L - 0,1) v \delta \frac{d_2 - d_1}{\lg(d_2/d_1)} a b, \quad (5.2)$$

где n – число барабанов для основной сепарации (для сепараторов, принятых к установке, $n = 1$); L – длина барабана, м; v – линейная скорость вращения головного барабана, принимается равной 1 м/с; δ – плотность руды, т/м³; d_1 и d_2 – наименьший и наибольший размеры зерен руды в питании, мм (в случае неклассифицированного материала при $d_1 = 0$ мм принимается $d_1 = 0,01 d_2$); a – эмпирический коэффициент, зависящий от крупности питания (табл. 5.1); b – коэффициент, зависящий от соотношения между числом основных и перечистных барабанов сепаратора (табл. 5.2).

Плотность и крупность мелкодроблёной руды принимается по заданию преподавателя, например $\delta = 3,6$ т/м³, крупность 0-25 мм.

Таблица 5.1

Значение коэффициента «а» в формуле (5.2) при $v = 1$ м/с [4]

Крупность питания, мм	10–0	20–0	30–0	От 40–0; до 60–0	10–5	20–6	30–6	От 40–6; до 60–6
Значение «а»	2,5	1,5	1,1	1,0	1,2	0,75	0,65	0,6

Таблица 5.2

Значение коэффициента «b» в формуле (5.2) [4]

Отношение числа барабанов, используемых для перечистки хвостов, к числу основных барабанов	0:1	1:2	1:1	2:2
Значение «b»	1,0	1,25	1,5	1,5

Формула (5.2) определяет производительность барабана, на котором слой материала имеет высоту d_2 .

5.4. Расчет и выбор магнитных сепараторов для мокрого обогащения

Рекомендации по выбору и расчету магнитных сепараторов для мокрого обогащения приведены в работах [2, 3, 4].

Для обогащения магнетитсодержащих (сильномагнитных) руд используют барабанные сепараторы с прямоточной, противоточной и полупротивоточной ванной.

Сепараторы с прямоточной ванной применяют для получения грубого концентрата при крупности исходного 5-0 мм (обычно до 25 % класса –50 мкм). Сепараторы с противоточной ванной исполь-

зуют при обогащении материала крупностью 3-0 мм. Сепараторы с полупротивоточной ванной применяют при крупности исходного менее 0,2 мм (обычно более 60 % класса –50 мкм).

В курсовой работе необходимо принять к установке в I операции магнитной сепарации противоточные сепараторы ПБМ-П, в операциях II, III и IV – полупротивоточные ПБМ-ПП. Количество магнитных сепараторов N определяя.п по формуле (5.3)^

$$N = \frac{Q_{\text{ММС}}}{Q}, \quad (5.3)$$

где $Q_{\text{ММС}}$ –производительность j -й операции ММС, т/ч; Q – производительность одного сепаратора, т/ч.

Производительность одного сепаратора (по сухому исходному питанию), т/ч:

$$Q = q (L-0,1), \quad (5.4)$$

где q – удельная производительность по твёрдому, т/(м·ч); L – длина каждого барабана, м.

Величина удельной производительности принимается по данным практики (табл. 7.13 [2]; табл. 59 [4]). Ориентировочные значения удельной производительности сепараторов ПБМ приведены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Значение удельных производительностей сепараторов ПБМ

Стадия обогащения	ПБМ-П-90/250	ПБМ-П-120/300	ПБМ-П-150/200	ПБМ-ПП-90/250	ПБМ-ПП-120/300	ПБМ-ПП-150/200
I	40	60	80	-	-	-
II	30	45	60	25	30	35
III	-	-	-	15	20	25

Магнитные сепараторы операций ММС-II и ММС-III относятся ко второй стадии обогащения. Они komponуются в виде двухбарабанного сепаратора (основная и перечистная операции). Поэтому количество сепараторов операций ММС-II и ММС-III должно быть одинаковым.

6. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ЦЕПИ АППАРАТОВ

В конце пояснительной записки приводится схема цепи аппаратов, на которой изображено технологическое оборудование, потоки движения материала, а также представлена спецификация оборудования с указанием типа и количества.

Условные обозначения оборудования показаны на рис. 6.1.,
пример составления схемы цепи аппаратов – на рис. 6.2.

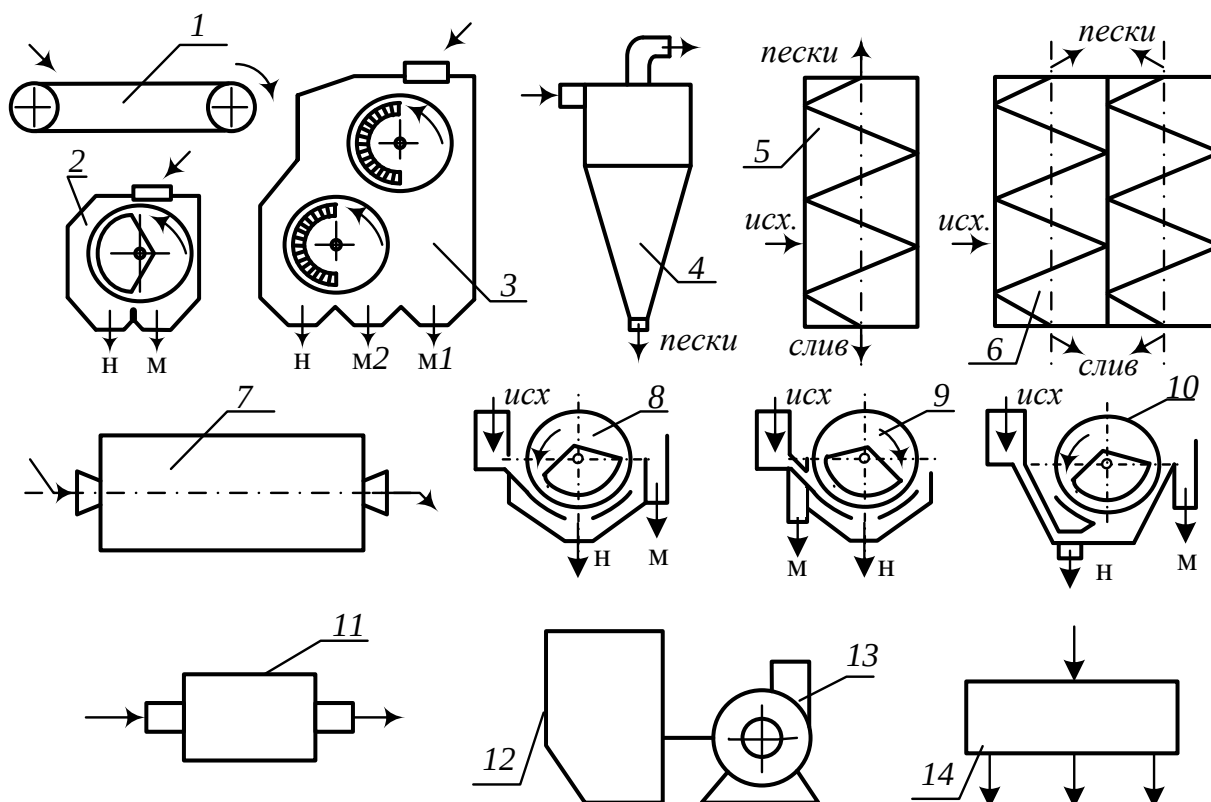


Рис. 6.1. Условные обозначения оборудования:

1 – конвейер; 2 – барабанный сепаратор типа ЭБС, ПБС; 3 – двухбарабанный сепаратор типа 2ПБС; 4 – гидроциклон; 5, 6 – односпиральный и двухспиральный классификаторы; 7 – мельница 8, 9, 10 – барабанные сепараторы типа ПБМ, ПБМ-П, ПБМ-ПП соответственно; 11 – размагничивающий аппарат; 12 – зумпф; 13 – насос; 14 – пульподелитель

Пример составления спецификации оборудования представлен в
табл. 6.1

Таблица 6.1

Спецификация оборудования

Марка, поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
1	Конвейер	Конвейер	2		
2	МШЦ	Мельница шаровая	2		
3	КСП	Спиральный классификатор	2		
4	Зумпф	Зумпф	2		
5	8ГР-8	Песковый насос	2		
6	Пульподелитель	Пульподелитель			
7	ПБМ-150/200	Прямоточный магнитный сепаратор	4		

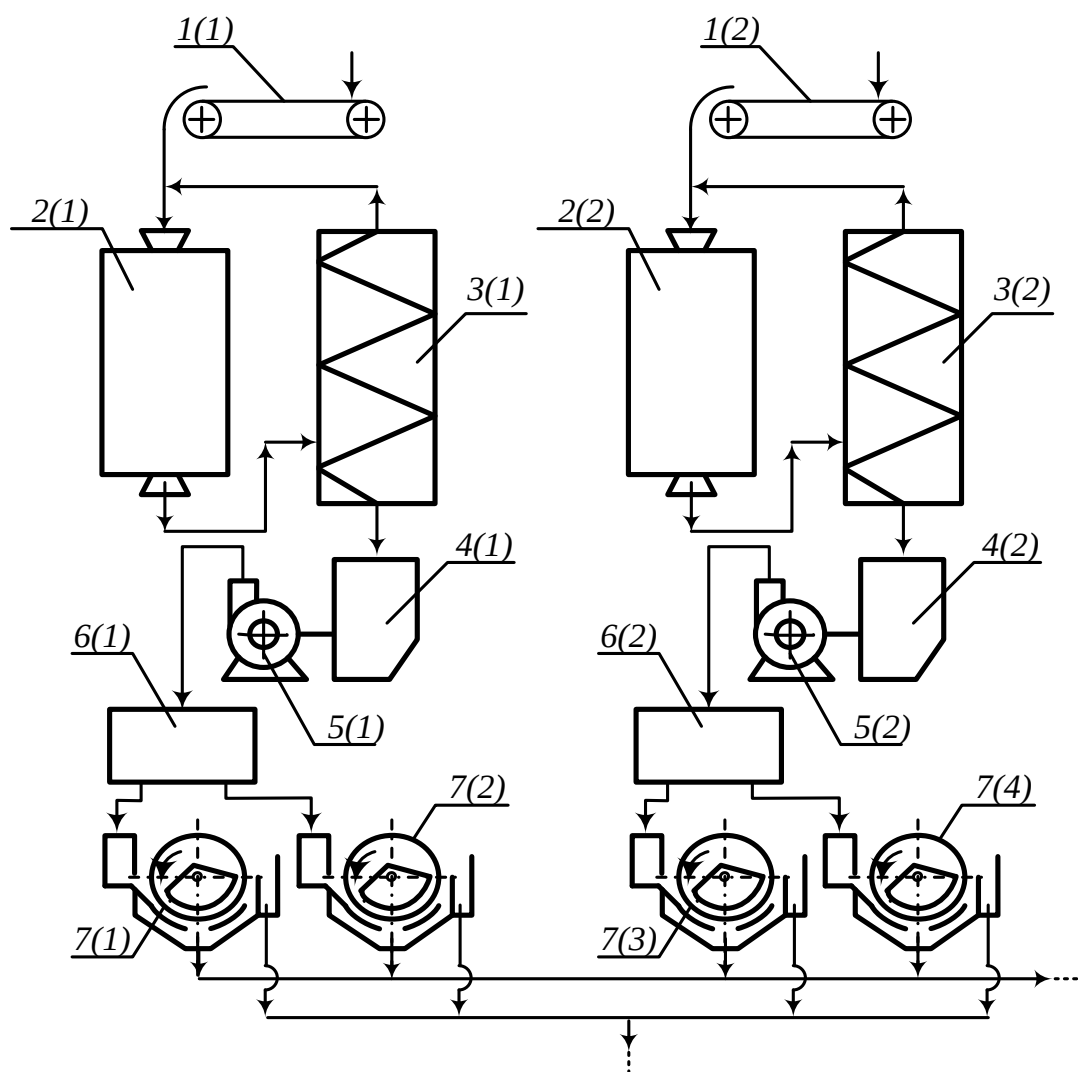


Рис. 6.2. Пример составления схемы цепи аппаратов и спецификации

Схема цепи аппаратов изображается на отдельном листе формата А3 или А2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цыпин Е. Ф., Морозов Ю. П., Козин В. З. Моделирование обогатительных процессов и схем: учебник – Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1996. – 368 с.
2. Кармазин, В. В., Кармазин В. И.. Магнитные и электрические методы обогащения: учебник для вузов – М.: Недра, 2005. – 669 с.
3. Справочник по обогащению руд. Основные процессы. – 2-е перераб. изд. – М.: Недра, 1983. – 381 с.
4. Морозов Ю. А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. Часть 1 и 2 – Екатеринбург. Изд-во УГГУ, 2014. – 266 с.
5. Иванов, Э. Э. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учебное пособие по выполнению курсового проекта – Екатеринбург: изд. УГГА, 2004. – 145 с.
6. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. 2-е издание, перераб. – М.: Недра, 1982. – 366 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФГБОУ ВПО

«Уральский государственный горный университет»

Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

по дисциплине «Магнитные и электрические процессы»

вариант № _____

выдано студенту _____ группа ОПИ _____

Тема курсовой работы: «Отделение измельчения и магнитного обогащения магнетитовой руды производительностью _____ млн. т/год»

Содержание курсовой работы: Пояснительная записка, включающая текстовую часть и схему цепи аппаратов на формате А1-А3.

Сроки выполнения: _____

Задание выдал: _____ проф. каф. ОПИ Пелевин А. Е.
дата, подпись

Задание получил: _____
дата, подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б. 1

Показатели работы фабрики и характеристика исходной руды

Номер задания	Производительность, т/ч	Массовая доля железа в концентрате, %	Извлечение железа в концентрат, %	$\gamma(\chi)$ -функция					$\beta(\chi)$ -функция				
				0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	400	54,7	72,1	37	27	17	12	7	4	20	37	54	71
2	430	55,1	71,2	43	27	14	9	7	4	21	37	54	71
3	450	53,1	70,3	44	28	15	8	5	4	21	38	54	71
4	470	53,4	71,4	45	30	13	8	4	4	20	38	55	71
5	500	54,7	73,5	43	29	16	7	5	4	20	37	55	70
6	520	55,4	72,4	42	28	17	9	4	5	18	36	52	69
7	540	56,6	73,3	40	27	17	10	6	5	19	36	52	69
8	570	57,7	73,2	39	27	16	11	7	5	19	37	52	69
9	600	58,1	74,1	37	26	16	14	7	5	19	37	53	70
10	620	59,0	74,0	36	25	17	13	9	5	18	36	53	70
11	640	60,2	75,1	34	25	17	14	10	6	19	38	53	70
12	670	61,4	75,2	32	24	17	14	13	6	20	38	53	70
13	700	62,3	76,3	31	24	18	15	12	6	20	39	53	70
14	720	63,4	76,4	30	23	18	16	13	6	20	39	54	70
15	745	64,5	77,5	28	23	18	17	14	6	19	40	54	69
16	770	65,4	77,4	27	22	19	17	15	7	18	38	52	69
17	795	66,3	78,3	25	22	19	18	16	7	19	38	52	69
18	820	67,2	78,2	24	22	20	17	17	7	19	39	52	69
19	840	68,1	79,1	22	21	20	19	18	7	19	39	53	69
20	870	59,0	80,0	40	27	16	12	5	7	18	38	52	68
21	900	60,1	80,1	39	27	16	13	5	5	19	37	53	70
22	920	61,2	80,2	37	26	16	14	7	5	20	37	53	70
23	950	62,3	80,3	36	26	17	14	7	5	20	38	53	70
24	970	63,4	80,4	35	25	17	15	8	5	20	38	54	70
25	1000	64,5	80,5	33	25	17	16	9	5	20	37	54	69
26	380	65,4	80,4	32	24	18	16	10	4	19	36	53	70
27	410	64,1	79,3	36	26	16	16	6	4	18	36	53	70
28	450	63,7	78,2	37	27	17	12	7	4	18	35	53	70
29	500	64,8	77,1	38	26	18	10	8	4	18	35	52	70
30	600	62,9	75,9	32	25	19	15	9	4	19	36	53	69

Показатели для расчета циклов измельчения I, II, III

номер зада- ния	Содержание класса –71 мкм, %											
	I				II				III			
	β_1	β_2	β_3	β_4	β_1	β_2	β_3	β_4	β_1	β_2	β_3	β_4
1	6	36	58	22	50	75	36,2	61,2	71	90	52,2	84,2
2	5	35	58	21	49	75	36,4	61,4	70	90	52,4	84,4
3	7	34	57	20	51	74	36,6	61,6	69	89	52,6	84,6
4	6	36	57	21	50	74	37,5	63,5	70	89	53,4	86,8
5	5	34	59	22	49	76	36,8	61,8	69	91	52,8	84,8
6	7	36	59	22	51	76	38,8	64,3	71	91	55,1	87,3
7	6	35	58	21	50	75	37,2	62,2	70	90	53,2	85,2
8	5	37	58	20	49	75	37,4	62,4	69	90	53,4	85,4
9	7	38	57	22	51	74	36,3	65,3	71	89	52,5	88,8
10	6	37	57	21	50	74	36,3	64,1	70	89	52,5	87,5
11	5	38	59	22	49	76	37,6	62,6	69	91	53,6	85,6
12	7	35	59	21	50	57	37,8	62,8	71	91	53,8	85,8
13	6	36	58	21	50	75	37,5	63,5	70	90	54,2	86,8
14	5	35	58	20	49	75	37,5	62,2	69	90	54,1	85,6
15	7	37	57	22	51	74	37,1	64,8	71	89	53,4	88,1
16	6	36	57	21	50	74	37,2	63,5	70	89	53,4	86,8
17	5	34	59	20	49	76	38,8	61,4	69	91	55,5	84,9
18	7	36	59	22	51	76	38,8	64,3	71	91	55,5	87,3
19	6	35	58	21	50	75	38,3	63,1	70	90	54,9	86,1
20	5	34	58	20	49	75	38,2	61,7	69	90	54,9	84,9
21	7	38	57	22	51	74	36,3	65,3	71	89	52,5	88,8
22	6	34	57	20	50	74	38,2	63,2	70	89	54,2	86,2
23	5	36	59	20	49	76	37,2	62,7	69	91	53,7	86,3
24	7	38	59	22	51	76	37,2	65,3	71	91	53,7	88,8
25	6	36	58	21	50	75	38,3	64,1	70	90	54,9	87,5
26	5	35	58	20	49	75	38,3	62,7	69	90	54,9	86,3
27	7	34	57	22	51	74	38,4	63,4	71	89	54,4	86,4
28	6	37	57	21	50	74	38,6	63,8	70	89	54,6	86,6
29	5	36	59	20	49	76	38,8	63,6	69	91	54,8	86,8
30	7	38	59	20	51	76	39,0	64,2	71	91	55,2	87,0

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсового проекта
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка Аксеньюшкиной М. В.

Подписано в печать 5.09.2015 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60x84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л. 1,75 Уч.-изд. л. 1,66 Тираж 200 экз. Заказ № 74

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный
университет»

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения**

**Екатеринбург
2019**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического факультета
«23» сентября 2019 г.
Председатель комиссии

 проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕ- НИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения**

Р е ц е н з е н т : Т. Ю. Овчинникова, доцент кафедры ОПИ УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 06 сентября 2019 г. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 51 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой дисциплины «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых». В пособии приведены цель и пояснения к лабораторной работе, необходимое оборудование и материалы, методика выполнения работы и обработки полученных результатов, а также содержание отчёта.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Пелевин А. Е., 2019

© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е	4
РАСЧЁТНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ	6
Лабораторная работа № 1 –	
МАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ РУД И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ	8
Лабораторная работа № 2 –	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОЛИКОВОГО СЕПАРАТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ	12
Лабораторная работа № 3 –	
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ	17
Лабораторная работа № 4 –	
СУХАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД	24
Лабораторная работа № 5 –	
МОКРАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД ...	29
Лабораторная работа № 6 –	
ВЫСОКОГРАДИЕНТНАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ	33
Лабораторная работа № 7 –	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТРИБОЗАРЯДА МИНЕРАЛОВ	36
Лабораторная работа № 8 –	
РАЗДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА	39
Лабораторная работа № 9 –	
РАЗДЕЛЕНИЕ ПО КРУПНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОАДГЕЗИОННОЙ СЕПАРАЦИИ	43
Лабораторная работа № 10 –	
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ МИНЕРАЛОВ	47
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	51

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью лабораторных работ является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Магнитные и электрические методы обогащения», освоение студентами методик проведения экспериментальных исследований в области магнитного и электрического обогащения полезных ископаемых и техногенного сырья и изучение конструкций лабораторных сепараторов.

Практические занятия направлены на подготовку студента к решению научных и прикладных производственных задач. Каждая лабораторная работа представляет собой эксперимент по получению новых для студента знаний о процессах магнитного и электрического обогащения минерального сырья. Результатом каждой лабораторной работы являются экспериментальные зависимости, описывающие влияние на показатели обогащения параметров и режимов работы сепаратора или свойств исходного продукта.

Лабораторные работы выполняются бригадами из 3-5 человек. Бригадир отвечает за дисциплину во время выполнения лабораторной работы, получает и сдаёт приборы и материалы, необходимые для выполнения работы, контролирует процесс выполнения эксперимента и обмен полученных экспериментальных данных между членами бригады.

Отчёт по лабораторным работам

По результатам выполнения лабораторных работ составляется *«Отчёт по выполнению лабораторных работ по курсу «Магнитные и электрические методы обогащения»»*.

Отчёт предоставляется преподавателю на проверку в виде сброшюрованной пояснительной записки, оформленной на листах формата А4.

После проверки отчёта преподаватель назначает время защиты. При защите необходимо знать цель работы, устройство и назначение применяемых аппаратов, методику проведения исследований, расчетные формулы, значение и физический смысл входящих в формулы величин и *уметь объяснять* полученные результаты.

Пояснительная записка (отчёт) должна содержать:

– титульный лист, подписанный студентом (пример оформления приведён в ПРИЛОЖЕНИИ);

– содержание;

– отчёты по каждой лабораторной работе;

– список использованных источников.

Отчёт составляется на основе записей в рабочей тетради. Отчёт по каждой лабораторной работе начинают с новой страницы.

Отчёт по каждой лабораторной работе включает:

– порядковый номер и название лабораторной работы;

– цель работы, необходимые материалы и применяемое оборудование, методику проведения работы;

– эскиз оборудования (лабораторного сепаратора или измерительной установки);

– измеренные результаты;

– вычисленные результаты с расчётными формулами, по которым получены результаты;

– сводную таблицу с измеренными и вычисленными результатами;

– экспериментальные зависимости в виде графиков;

– выводы, в которых даётся оценка влияния на показатели обогащения параметров и режимов работы сепаратора или свойств исходного продукта.

Все расчеты выполняются с точностью до второго знака после запятой. Значения измеренных и вычисленных величин приводятся в сводной таблице с двумя знаками после запятой.

Эскиз лабораторного сепаратора или измерительной установки выполняется студентом с помощью карандаша «от руки». Основные элементы сепаратора должны быть обозначены арабскими (наклонными) цифрами с расшифровкой после названия рисунка. Направление вращения рабочих органов сепараторов (барабанов, валков) должно быть обозначено на эскизе стрелкой. Также стрелкой необходимо показать направления движения исходного продукта и продуктов разделения в сепараторе.

Эскиз лабораторного сепаратора должен отражать конструкцию аппарата и принцип разделения смеси частиц в этом сепараторе.

Отчёт по лабораторным работам является официальным документом и оформляется по определённым правилам по ГОСТ 2.105-95. Оформление заголовков, текста, таблиц, рисунков, формул следует выполнять так же как в настоящем учебно-методическом пособии.

РАСЧЁТНЫЕ ВЫРАЖЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ

При выполнении лабораторных работ студенты получают значения непосредственно измеренных и вычисленных показателей, характеризующих эффективность обогащения.

К измеренным результатам относятся массы продуктов разделения, полученных непосредственно в сепараторе или с помощью анализатора показателя продукта (ручной магнит, контрольное сито). Масса продукта определяется путём взвешивания на электронных весах.

К вычисленным показателям относятся выходы продуктов разделения и извлечение полезного компонента в продукт обогащения.

Массовая доля полезного компонента в продукте может относиться как к измеренному показателю, так и к вычисленному показателю. Массовая доля полезного компонента относится к измеренному показателю, если её задал преподаватель или она определена с помощью анализатора, например с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора.

Вычисленные показатели рассчитываются по нижеприведённым формулам.

Формулы для проверки баланса масс продуктов:

1 – для двух продуктов разделения:

$$M_{\alpha} = M_{\kappa} + M_{\chi}; \quad (1)$$

2 – для любого количества продуктов разделения:

$$M_{\alpha} = \sum_{i=1}^n M_i, \quad (2)$$

где M_{α} , M_{κ} , M_{χ} , M_i – масса, соответственно исходного продукта, концентрата, хвостов и i -го продукта, г или кг; n – количество продуктов разделения.

Формулы для расчёта выходов продуктов разделения:

1 – массовая доля полезного компонента в продуктах разделения не известна (является вычисленным показателем):

$$\gamma_{\kappa} = 100 \cdot M_{\kappa} / M_{\alpha}; \quad \gamma_{\chi} = 100 \cdot M_{\chi} / M_{\alpha}; \quad \gamma_i = 100 \cdot M_i / M_{\alpha}, \quad (3)$$

где γ_{κ} , γ_{χ} , γ_i – выход, соответственно концентрата, хвостов и i -го продукта, %;

2 – массовая доля полезного компонента в продуктах разделения

известна (является измеренным показателем):

$$\gamma_k = 100 \cdot (\alpha - \nu) / (\beta - \nu); \quad \gamma_x = 100 \cdot (\beta - \alpha) / (\beta - \nu), \quad (4)$$

где α , β , ν – массовые доли полезного компонента, соответственно в исходном продукте, в концентрате и в хвостах, %.

З – для продуктов разделения должен выполняться баланс по выходам:

$$\gamma_k + \gamma_x = 100; \quad \sum_{i=1}^n \gamma_i = 100. \quad (5)$$

Формулы для расчёта массовой доли полезного компонента:

Массовые доли полезного компонента в исходном продукте, в концентрате и в хвостах определяется по формулам:

$$\alpha = 100 \cdot K_\alpha / M_\alpha; \quad \beta = 100 \cdot K_k / M_k; \quad \nu = 100 \cdot K_x / M_x, \quad (6)$$

где K_α , K_k , K_x – массы полезного компонента, соответственно в исходном продукте, в концентрате и в хвостах, г или кг.

Массовая доля полезного компонента в любом i -том продукте (промпродукте) равна:

$$\beta_i = 100 \cdot K_i / M_\alpha, \quad (7)$$

где β_i – массовая доля полезного компонента в i -том продукте, %; K_i – масса полезного компонента в i -том продукте, г или кг.

Формулы для расчёта извлечения полезного компонента в продукты обогащения:

Извлечения полезного компонента в продукты обогащения определяются по формулам:

$$\varepsilon_k = 100 \cdot K_k / K_\alpha; \quad \varepsilon_x = 100 \cdot K_x / K_\alpha; \quad \varepsilon_i = 100 \cdot K_i / K_\alpha; \quad (8)$$

$$\varepsilon_k = \gamma_k \cdot \beta / \alpha; \quad \varepsilon_x = \gamma_x \cdot \nu / \alpha; \quad \varepsilon_i = \gamma_i \cdot \beta_i / \alpha. \quad (9)$$

Для продуктов разделения должен выполняться баланс по извлечениям:

$$\varepsilon_k + \varepsilon_x = 100; \quad \sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 100. \quad (10)$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

МАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ РУД И ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Цель работы: изучение конструкции трубчатого анализатора и освоение методики определения массовой доли сильномагнитных минералов (магнетита) в рудах и продуктах обогащения.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в трубчатом магнитном анализаторе 25Т-СЭМ

Магнитный анализ применяется для контроля процесса магнитного обогащения, для исследований вещественного состава, обогатимости руд и продуктов обогащения. Магнитный анализ выполняется в соответствии с ГОСТ-25114-82 или по техническим условиям, разработанным предприятием применительно к обогащаемой магнетитовой руде.

Магнитный анализ магнетитовых руд крупностью менее 1 мм выполняется с помощью трубчатого анализатора 25Т-СЭМ. Такой анализатор получил общемировое название – «трубка Дэвиса».

Основными элементами трубчатого анализатора являются стеклянная трубка 4 и электромагнитная система, состоящая из обмоток возбуждения 1, магнитопровода 2 и полюсных наконечников 3 (рисунок 1).

При магнитном анализе исходный материал с водой подают в трубку, совершающую возвратно-поступательные движения в межполюсном зазоре в пределах 30 мм с небольшим поворотом вокруг своей оси, что способствует очистке магнитного продукта от механически захваченных немагнитных частиц. Немагнитные частицы вместе с водой разгружаются через отверстие в нижней части трубки. Магнитные частицы 5 заполняют межполюсный зазор, притягиваясь к полюсам электромагнита (рисунок 1). В трубке поддерживается постоянный расход и уровень воды выше полюсных наконечников. После разгрузки немагнитных частиц отключается ток питания электромагнита и разгружается магнитная фракция. После проведения магнитного анализа определяют технологические показатели обогащения.

Необходимые материалы и оборудование:

- исходная руда (три пробы массой по 30-50 г);
- магнитный анализатор;
- стаканчик (3 шт.);
- промывалка;

- приемники для сбора немагнитной фракции (тазы – 2 шт.);
- чашки для сбора магнитной фракции (3 шт.);
- электронные весы;
- сушильный шкаф.

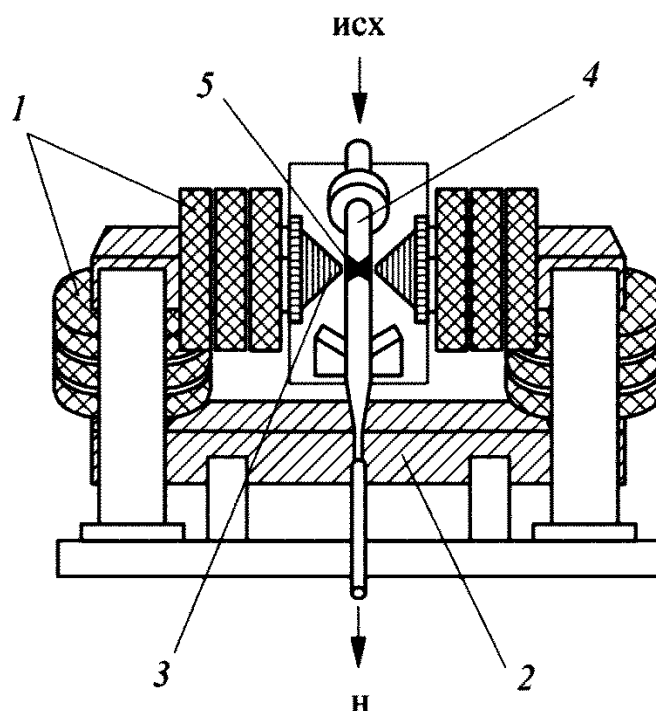


Рисунок 1 – Трубчатый анализатор 25Т-СЭМ:

1 – обмотки возбуждения; 2 – магнитопровод; 3 – полюсные наконечники;
4 – стеклянная трубка; 5 – магнитная фракция

Методика проведения работы

1. Подготавливаются три навески руды по 30-50 г каждая и замачиваются в стаканчиках.

2. Трубка магнитного анализатора заливается водой выше полюсов электромагнитной системы и устанавливается постоянный расход воды в пределах $(16-32) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ (задает преподаватель). Вода поступает в сменные тазы.

3. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита. Для каждого опыта (для магнитного анализа каждой навески руды) преподаватель задаёт три значения силы тока, питающего электромагнит.

4. Включается привод стеклянной трубки и в нее небольшими порциями загружается исходный материал. Магнитные частицы под влиянием магнитного поля удерживаются на стенках трубки между полюсами.

Немагнитные частицы выносятся потоком воды из трубки в специальную сменную ёмкость (тазы). При наполнении первого тазы он заменяется на второй таз. Вода из первого тазы сливается в шламостойник. Далее тазы постоянно меняются, пока вся немагнитная фракция не выйдет из трубки (определяется визуально).

Одновременно с подачей воды в трубку зажимом регулируется выгрузка материала из трубки таким образом, чтобы уровень воды оставался постоянным. Продолжительность проведения опыта обычно составляет 15-20 мин.

5. По окончании опыта (после выхода из трубки всей немагнитной фракции) отключается привод стеклянной трубки и прекращается подача воды в трубку. Таз для сбора немагнитного продукта меняется на чашку для сбора магнитного продукта.

6. Путем плавного вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки силу тока снижают от заданного значения до нуля. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.

7. Магнитная фракция разгружается с помощью промывалки в чашку.

6. Магнитная фракция обезвоживается, сушится и взвешивается с точностью до сотых долей грамма.

7. Пункты 2–6 повторяются для трёх навесок руды.

Основные требования техники безопасности!

1. Включение трубчатого анализатора производится после визуальной проверки надежности заземления анализатора и блока питания электромагнита (выпрямителя) и отсутствия видимых повреждений оборудования.

2. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться обмоток возбуждения электромагнита трубчатого анализатора.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Массы магнитных продуктов, полученных в трёх опытах, заносятся в таблицу 1. Массу немагнитного продукта для каждого опыта рассчитывают как разность между исходным и магнитным продуктами (см. формулу (1)).

Выходы продуктов рассчитываются по формулам (3). По формуле (5) выполняется проверка баланса по выходам.

На основании полученных данных строится графическая зависимость выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит.

Пример вида графической зависимости и её оформления приведён на рисунке 2.

Таблица 1 – Результаты магнитного анализа руды

Продукт	Проба № 1 ($I = \dots A$)		Проба № 2 ($I = \dots A$)		Проба № 3 ($I = \dots A$)	
	Выход, %		Выход, %		Выход, %	
	г	%	г	%	г	%
Магнитная фракция						
Немагнитная фракция						
Исходная проба						

По полученной зависимости делается вывод, как сила тока влияет на выход магнитной фракции.

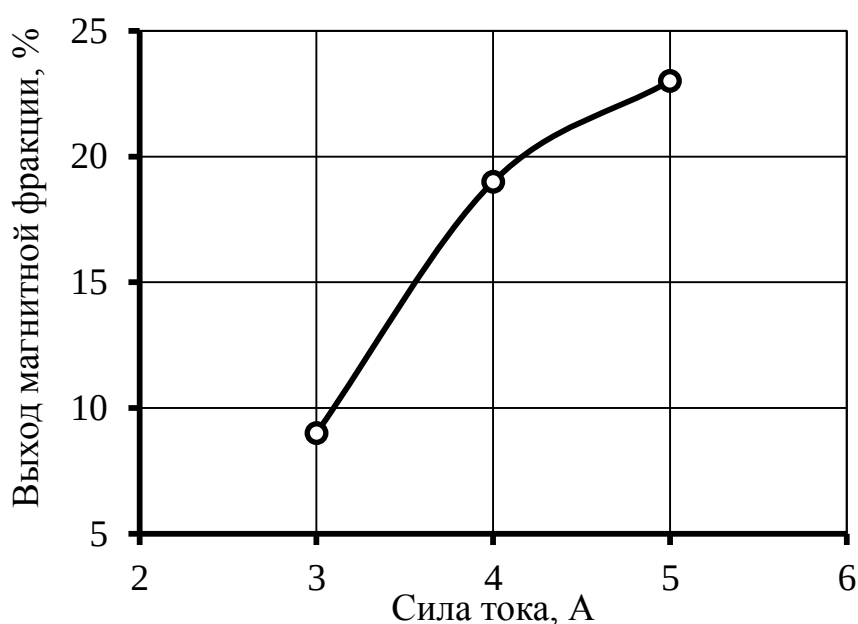


Рисунок 2 – Зависимость выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит трубчатого анализатора 25Т-СЭМ

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 1), экспериментальная зависимость (см. рисунок 2), эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и вывод по работе.

Защита лабораторной работы № 1

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Как поведёт себя зависимость, приведённая на рисунке 2, при снижении силы тока до 0 А или при гипотетическом увеличении силы тока до бесконечности?

2. Какой вид будет иметь зависимость массовой доли железа в магнитной фракции или извлечение железа в магнитную фракцию от силы тока?

3. Как изменится вид зависимости, приведённой на рисунке 2, при увеличении (уменьшении) крупности исходного материала?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОЛИКОВОГО СЕПАРАТОРА НА ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ

Цель работы: изучение конструкции валкового (роликового) сепаратора и определение влияния на выход магнитного продукта изменения крупности слабомагнитной руды и режимов работы роликового сепаратора.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в роликовом магнитном сепараторе СЭ-138Т

Результаты магнитного разделения зависят от различных факторов: вещественного состава продуктов, их крупности, степени раскрытия полезных компонентов, напряженности магнитного поля, скорости вращения барабана (валка) сепаратора, длины и высоты рабочей зоны разделения, положения разделительной перегородки (шибера) и других факторов.

Работа выполняется на лабораторном роликовом сепараторе СЭ-138Т с замкнутой электромагнитной системой и с нижней подачей материала. В ходе выполнения работы определяется влияние на показатели обогащения следующих факторов: 1 – индукции магнитного поля (силы тока, подаваемого в электромагнит); 2 – положения разделительной перегородки (шибера); 3 – крупности исходного продукта.

Принципиальная конструкция роликового сепаратора СЭ-138Т приведена на рисунке 3. Основными элементами сепаратора являются

валок 3 с зубцами треугольного сечения и электромагнитная система, состоящая из обмоток возбуждения 1 и магнитопровода 2.

Роликовый сепаратор СЭ-138Т работает следующим образом. Из бункера-питателя исходный материал поступает на вибрлоток 5. Вибрлоток перемещает частицы в зону разделения, находящуюся под вращающимся валком 3. Частицы с большей магнитной восприимчивостью притягиваются к зубцам вращающегося ролика 3 и выносятся ими за пределы действия магнитного поля, где происходит разгрузка этих частиц в соответствующий приёмник сепаратора. Для полной очистки зубцов ролика используется очиститель (щётка) 6. Для полной очистки зубцов ролика используется очиститель (щётка) 6.

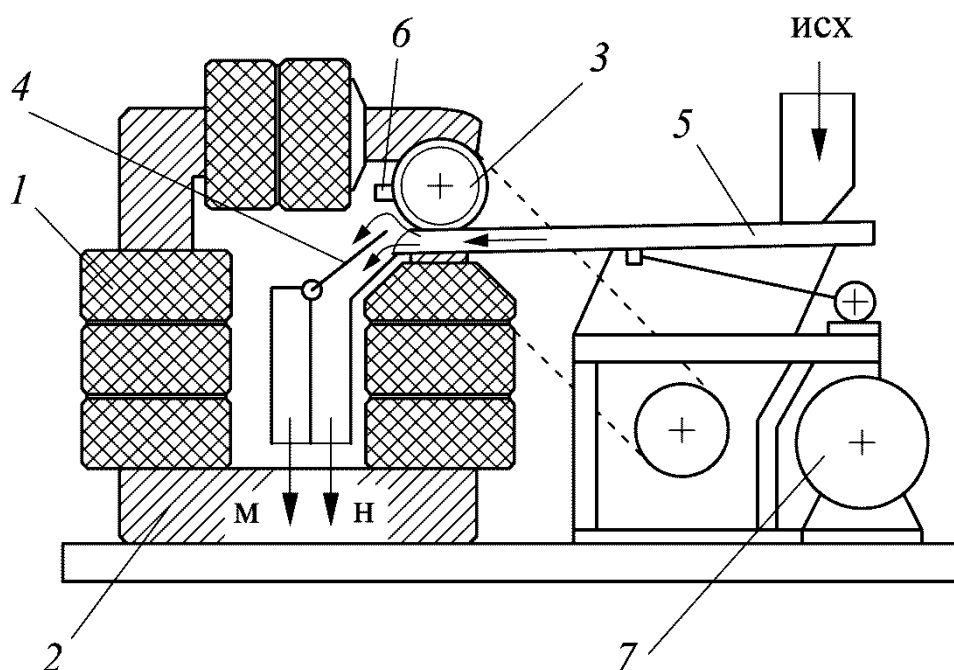


Рисунок 3 – Роликовый магнитный сепаратор СЭ-138Т:

1 – обмотки возбуждения; 2 – магнитопровод; 3 – ролик; 4 – шибера; 5 – вибрлоток; 6 – очиститель ролика; 7 – электропривод

Частицы с меньшей магнитной восприимчивостью под действием силы тяжести разгружаются в месте окончания горизонтальной поверхности вибрлотка (по ходу движения материала) и поступают в свой приёмник.

В роликовом сепараторе СЭ-138Т качество и количество получаемых продуктов разделения можно регулировать с помощью изменения положения шибера 4 или силы тока, питающего электромагнит.

Необходимые материалы и оборудование:

- исходный продукт слабомагнитной руды крупностью $-3+0$ мм (масса навески составляет 200–300 г);
- роликовый сепаратор СЭ-138Т;

- электронные весы;
- приемники (две баночки) для сбора магнитного и немагнитного продуктов;
- лабораторная валковая дробилка.

Общая методика проведения работы

1. Исходным материалом для проведения эксперимента является слабомагнитная руда. Исходную пробу перед подготовкой навески необходимо перемешать. Всего выполняется 18 опытов. Проводятся две серии опытов при разной крупности исходного продукта.

2. Первая серия опытов выполняется при крупности слабомагнитной руды $-3+0$ мм. Количество опытов – девять. Варьируемые факторы – три значения силы тока (задаются преподавателем от 0,5 до 5,0 А) и три положения шибера (верхнее, среднее и нижнее).

Все опыты первой серии выполняются на одной исходной навеске массой 200–300 г. После каждого опыта магнитный и немагнитный продукты смешиваются. Смешанный продукт будет являться исходным продуктом для следующего опыта.

3. Вторая серия опытов выполняется при крупности слабомагнитной руды $-1+0$ мм. Магнитный и немагнитный продукты девятого опыта первой серии смешиваются. Это проба подвергается двухкратному последовательному дроблению в валковой дробилке для уменьшения крупности пробы до $-1+0$ мм.

Количество опытов – девять. Значения варьируемых факторов (силы тока и положения шибера) и методика проведения работы принимаются как в первой серии опытов.

Методика проведения одного опыта

1. Устанавливается заданное положение шибера 4.
2. Включается электропривод 7 вибрлотка 5 и ролика 3 (см. рис. 3).
3. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита.
4. Исходную пробу с помощью совка загружают в приёмный бункер, из которого материал поступает на вибрлоток. Вибрлоток транспортирует частицы в зону разделения, где они делятся на два продукта – магнитный и немагнитный. Магнитный продукт разгружается в «ближнюю» баночку, немагнитный продукт разгружается в «дальнюю» баночку.

5. Когда на вибрлотке не останется исходного материала (по визуальной оценке) опыт прекращают.

6. Путем плавного вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки силу тока снижают от заданного значения до нуля. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.

7. Выключается электропривод сепаратора.

8. Шибер 4 (см. рисунок 3) два раза быстро поворачивается вправо-влево для полного ссыпания с него магнитных частиц.

9. Баночки с магнитным и немагнитным продуктами вынимаются из зоны разгрузки сепаратора и переносятся к весам. Оба продукта взвешиваются с точностью до сотых долей грамма.

Основные требования техники безопасности!

1. Включение роликового сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания электромагнита (выпрямителя) и отсутствия видимых повреждений оборудования.

2. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться обмоток возбуждения электромагнита трубчатого анализатора.

3. Баночки с магнитным и немагнитным продуктами можно вынимать из зоны разгрузки сепаратора только при выключенном выпрямителе и при выключенном электроприводе сепаратора.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Массы и выходы магнитных продуктов, полученных в девяти опытах первой серии и в девяти опытах второй серии, заносятся в таблицу 2.

Выход магнитного продукта для каждого опыта рассчитывают по формуле (3). Массу исходного продукта для каждого опыта рассчитывают по формуле (1).

На основании полученных данных строятся графические зависимости выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит, при разных положениях шибера. Зависимости приводятся на двух рисунках (для различной крупности исходного продукта). Пример вида графической зависимости и её оформления при крупности исходного продукта $-3+0$ мм приведён на рисунке 4.

Таблица 2 – Выход магнитной фракции при обогащении на роликовом сепараторе СЭ-138Т

Крупность исходного продукта –3+0 мм						
Положение шибера	Значение силы тока, I , А					
	I_1		I_2		I_3	
	г	%	г	%	г	%
Верхнее	M_{11}	$\gamma_{к 11}$	M_{21}	$\gamma_{к 21}$	M_{31}	$\gamma_{к 31}$
Среднее	M_{12}	$\gamma_{к 12}$	M_{22}	$\gamma_{к 22}$	M_{32}	$\gamma_{к 32}$
Нижнее	M_{13}	$\gamma_{к 13}$	M_{23}	$\gamma_{к 23}$	M_{33}	$\gamma_{к 33}$
Крупность исходного продукта –1+0 мм						
Положение шибера	Значение силы тока, I , А					
	I_1		I_2		I_3	
	г	%	г	%	г	%
Верхнее	M_{11}	$\gamma_{к 11}$	M_{21}	$\gamma_{к 21}$	M_{31}	$\gamma_{к 31}$
Среднее	M_{12}	$\gamma_{к 12}$	M_{22}	$\gamma_{к 22}$	M_{32}	$\gamma_{к 32}$
Нижнее	M_{13}	$\gamma_{к 13}$	M_{23}	$\gamma_{к 23}$	M_{33}	$\gamma_{к 33}$

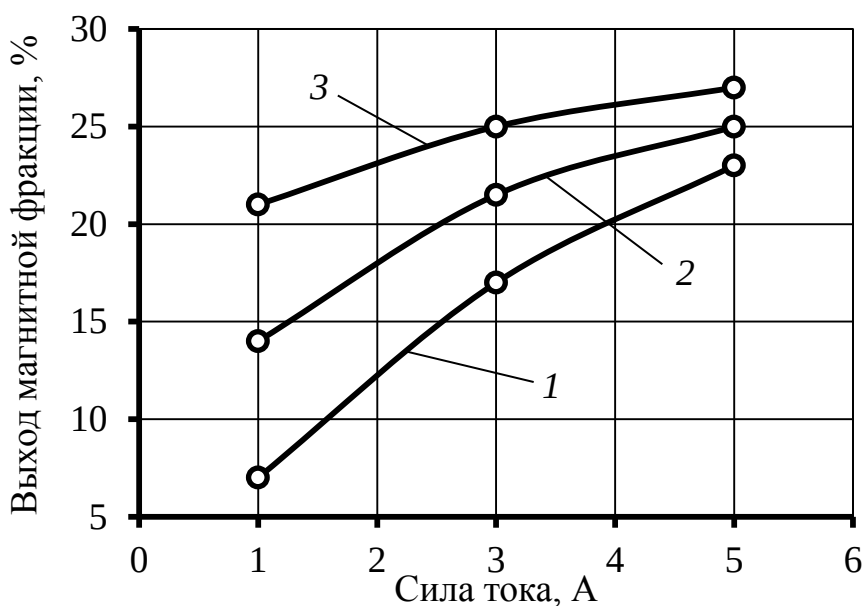


Рисунок 4 – Зависимость выхода магнитной фракции от силы тока, питающего электромагнит роликового сепаратора СЭ-138Т при крупности исходного продукта –3+0 мм:
1, 2 и 3 – верхнее, среднее и нижнее положение шибера

По полученным зависимостям делается вывод, как сила тока, положение шибера и крупность исходного продукта влияют на выход магнитного продукта.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 2), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями (см. рисунок 4), эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 2

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Как поведут себя зависимости, приведённые на рисунках, при снижении силы тока до 0 А или при гипотетическом увеличении силы тока до бесконечности?

2. Какой вид будет иметь зависимость массовой доли магнитных минералов в магнитном продукте от силы тока?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОГАТИМОСТИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: изучение методики исследования на обогатимость полезных ископаемых и техногенного сырья магнитным методом с помощью магнитного анализатора 25Т-СЭМ или роликового сепаратора СЭ-138Т.

Пояснения к работе, конструкции и принцип разделения частиц в используемом оборудовании

Анализ выполняется для оценки обогатимости исследуемого материала заданной крупности и определения максимально возможных показателей обогащения. Сущность метода заключается во фракционном анализе исходного продукта по магнитным свойствам, построении кривых обогатимости (Анри) и определении по ним предельных технологических показателей. Фракционный магнитный анализ позволяет получить количественную и качественную характеристику распределения материала по его магнитным свойствам.

По результатам магнитного анализа строятся кривые обогатимости. Они позволяют судить о предельных теоретических показателях обогащения (кривые β и γ) в зависимости от индукции магнитного

поля. В данной работе вместо индукции магнитного поля B используется сила тока I . Эти величины связаны функционально.

Конструкция, принцип разделения частиц в магнитном анализаторе 25Т-СЭМ и роликовом сепараторе СЭ-138Т и необходимое дополнительное оборудование приведены, соответственно в учебно-методических указаниях по выполнению лабораторных работ № 1 и 2.

Необходимые материалы и оборудование:

– исходный продукт – проба крупностью $-1+0$ мм массой 30-50 г, при использовании магнитного анализатора 25Т-СЭМ или проба крупностью $-3+0$ мм массой 200-300 г, при использовании роликового сепаратора СЭ-138Т;

– магнитный анализатор 25Т-СЭМ или роликовый сепаратор СЭ-138Т;

– электронные весы;

– приемники для сбора магнитной и немагнитной фракций;

– стаканчик, промывалка и сушильный шкаф (при использовании магнитного анализатора 25Т-СЭМ).

Методика проведения работы

1. Методики работы на магнитном анализаторе 25Т-СЭМ и роликовом сепараторе СЭ-138Т приведены, соответственно в учебно-методических указаниях по выполнению лабораторных работ № 1 и 2.

2. Фракционный анализ исходного продукта по магнитным свойствам выполняется по схеме, приведённой на рисунке 5. При анализе последовательно выделяются три магнитные фракции при последовательном увеличении силы тока и одна немагнитная фракция, получаемая в последнем опыте при максимальной силе тока. При использовании роликового сепаратора СЭ-138Т операция сушки продуктов разделения не применяется.

Величины силы тока задает преподаватель.

В первой операции магнитного разделения выделяется наиболее сильномагнитная фракция. Сила тока (I_1) при этом самая меньшая. Немагнитная фракция первой операции направляется на магнитное разделение во вторую операцию. Сила тока второй операции выше, чем у первой ($I_2 > I_1$). Немагнитная фракция второго приема разделения направляется на магнитное разделение в третьей операции при самой высокой силе тока ($I_3 > I_2 > I_1$).

3. Все полученные продукты (три магнитных и один немагнитный) высушиваются (при использовании магнитного анализатора 25Т-СЭМ) и взвешиваются.

4. В каждой фракции определяется массовая доля магнитного минерала или компонента (ее может задать преподаватель).

Основные требования техники безопасности приведены в лабораторных работах № 1 и 2.



Рисунок 5 – Схема проведения исследования на обогатимость руды магнитным методом

Обработка полученных экспериментальных результатов

Результаты выполнения эксперимента (сила тока, массы четырёх продуктов, их выходы и массовые доли железа в них) заносятся в столбцы 2-5 таблицы 3.

Выходы трёх магнитных и одного немагнитного продукта рассчитывают по формуле (3). При расчёте выходов используется суммарная масса M_α исходного продукта, рассчитанная по формуле (2). Для суммы выходов продуктов должен выполняться баланс (см. формулу (5)).

Массовые доли магнитного минерала или полезного компонента (Fe, Mn) задаёт преподаватель или она определена с помощью рентгенофлуоресцентного анализатора.

Средняя массовая доля полезного компонента в исходном продукте рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \beta_i / \sum_{i=1}^n \gamma_i. \quad (11)$$

Столбец 6 таблицы 3 рассчитывается путём последовательного суммирования сверху вниз выходов, приведённых в столбце 4:

$$\gamma_{4x}=\gamma_4; \quad \gamma_{3x}=\gamma_4+\gamma_3; \quad \gamma_{2x}=\gamma_4+\gamma_3+\gamma_2; \quad \gamma_{1x}=\gamma_4+\gamma_3+\gamma_2+\gamma_1=100. \quad (12)$$

Таблица 3 – Результаты фракционирования исходной пробы по магнитным свойствам

Наименование продукта (фракции)	Фракционный состав				Хвосты		Концентрат	
	Сила тока, А	Масса, г	Выход, %	Массовая доля, %	Выход, %	Массовая доля, %	Выход, %	Массовая доля, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Немагнитный–3	—	M_4	γ_4	β_4	γ_{4x}	v_{4x}	$\uparrow \gamma_{4к}$	$\uparrow \beta_{4к}$
Магнитный–3	I_3	M_3	γ_3	β_3	γ_{3x}	v_{3x}	$\uparrow \gamma_{3к}$	$\uparrow \beta_{3к}$
Магнитный–2	I_2	M_2	γ_2	β_2	γ_{2x}	v_{2x}	$\uparrow \gamma_{2к}$	$\uparrow \beta_{2к}$
Магнитный–1	I_1	M_1	γ_1	β_1	$\downarrow \gamma_{1x}$	$\downarrow v_{1x}$	$\uparrow \gamma_{1к}$	$\uparrow \beta_{1к}$
Исходная проба	—	M_α	100	α	—	—	—	—

Столбец 7 таблицы 3 рассчитывается с использованием формулы (11). При этом выполняется последовательный расчёт массовых долей полезного компонента в суммарных продуктах разделения при увеличении количества продуктов сверху вниз от одной до четырёх:

$$v_{4x}=\beta_4; \quad v_{3x}=(\gamma_4\beta_4+\gamma_3\beta_3)/\gamma_{3x}; \quad v_{2x}=(\gamma_4\beta_4+\gamma_3\beta_3+\gamma_2\beta_2)/\gamma_{2x}; \quad (13)$$

$$v_{1x}=(\gamma_4\beta_4+\gamma_3\beta_3+\gamma_2\beta_2+\gamma_1\beta_1)/\gamma_{1x}.$$

Столбец 8 таблицы 3 рассчитывается путём последовательного суммирования снизу вверх выходов, приведённых в столбце 4:

$$\gamma_{1к}=\gamma_1; \quad \gamma_{2к}=\gamma_1+\gamma_2; \quad \gamma_{3к}=\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3; \quad \gamma_{4к}=\gamma_1+\gamma_2+\gamma_3+\gamma_4=100. \quad (14)$$

Столбец 9 таблицы 3 рассчитывается с использованием формулы (11). При этом выполняется последовательный расчёт массовых долей полезного компонента в суммарных продуктах разделения при увеличении количества продуктов снизу вверх от одной до четырёх:

$$\beta_{1к}=\beta_1; \quad \beta_{2к}=(\gamma_1\beta_1+\gamma_2\beta_2)/\gamma_{2к}; \quad \beta_{3к}=(\gamma_1\beta_1+\gamma_2\beta_2+\gamma_3\beta_3)/\gamma_{3к}; \quad (15)$$

$$\beta_{4к}=(\gamma_1\beta_1+\gamma_2\beta_2+\gamma_3\beta_3+\gamma_4\beta_4)/\gamma_{4к}.$$

По данным таблицы 3 строятся кривые обогатимости (пример приведен на рисунке 6).

Построение кривых обогатимости

Кривые обогатимости включают в себя четыре зависимости: λ , β , ν и I . Все четыре кривые строятся на одном графике (рисунок 6). График имеет две оси ординат (левую и правую) и две оси абсцисс (нижнюю и верхнюю).

Для построения кривых обогатимости в определенном масштабе вычерчивается прямоугольник. На вертикальной левой оси сверху вниз откладывается выход хвостов (немагнитного продукта) от 0 до 100 %. На вертикальной правой оси снизу вверх – выход концентрата (магнитного продукта) от 0 до 100 %.

На горизонтальной нижней оси слева направо откладывается массовая доля полезного компонента во фракциях. Минимальное и максимальное значения нижней оси абсцисс должно быть выбрано таким образом, чтобы зависимости занимали не менее 70-80 % области построения на графике. Для этого минимальное значение нижней оси абсцисс принимают несколько меньшим величины β_4 , а максимальное значение нижней оси абсцисс принимают несколько большим величины β_1 .

На горизонтальной верхней стороне слева направо откладывают величину силы тока (I). Минимальное значение верхней оси абсцисс принимают несколько меньшим величины I_1 , а максимальное значение верхней оси абсцисс принимают несколько большим величины I_3 .

Перед построением четырёх кривых обогатимости выполняются построения вспомогательных линий. Через всё поле графика проводится вертикальная линия, абсцисса которой равна средней массовой доле полезного компонента α (линия 1, см. рисунок 6). Также проводятся три горизонтальных линии, ординаты которых равны $\gamma_{4x}=\gamma_{3k}$; $\gamma_{3x}=\gamma_{2k}$; $\gamma_{2x}=\gamma_{1k}$ (см. рисунок 6).

1. Кривая λ – кривая элементарных фракций, показывающая распределение полезного компонента по отдельным фракциям. Эта кривая строится по данным столбца 5 таблицы 3 и с использованием горизонтальных и вертикальных вспомогательных линий с абсциссами β_4 ; β_3 ; β_2 ; β_1 (см. рисунок 6). С помощью вспомогательных линий строят четыре прямоугольника 2 (см. рисунок 6), правая сторона которых соответствует массовой доле полезного компонента в каждой фракции от β_4 до β_1 (столбец 5 таблицы 3), а левой стороной является ось ординат. Через середины правых сторон прямоугольников прово-

дится плавная кривая λ . Каждый прямоугольник соответствует своей фракции. Чем выше площадь прямоугольника, тем больше извлечение полезного компонента в эту фракцию.

При построении кривой λ необходимо стремиться, чтобы площадь «условного треугольника» 3_i (см. рисунок 6), отсекаемого от прямоугольника была равна площади «условного треугольника» 4_i (см. рисунок 6). Это правило необходимо соблюдать для всех фракций, кроме первой и последней. Поэтому в настоящей работе это правило необходимо соблюдать для двух средних продуктов (магнитный–2 и магнитный–3, см. таблицу 3).

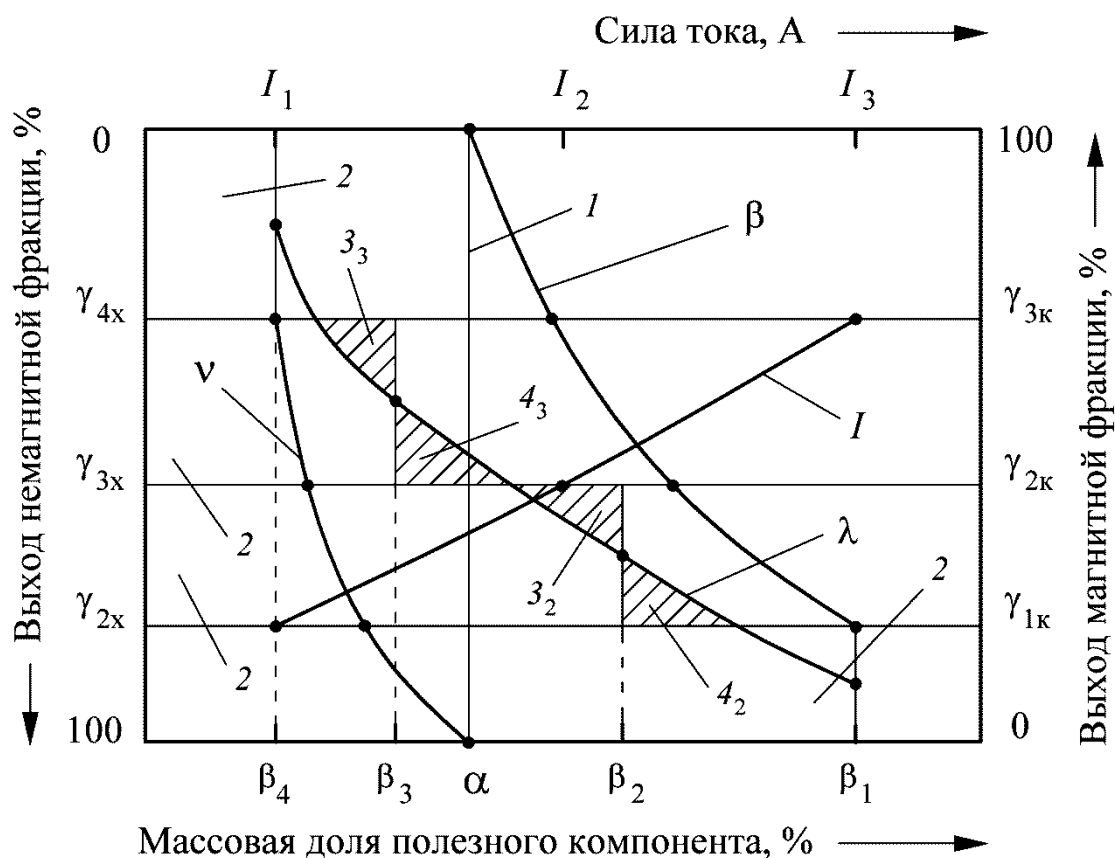


Рисунок 6 – Пример кривых обогатимости магнетитовой руды:

λ – кривая элементарных фракций; β – кривая магнитного продукта; ν – кривая немагнитного продукта; γ – кривая признака разделения (силы тока); 1 – линия массовой доли железа в исходной пробе; 2 – прямоугольники, площадь которых характеризует извлечение полезного компонента во фракции с различными магнитными свойствами; 3_2 и 4_2 – «условные треугольники» магнитной фракции–2 с равной площадью; 3_3 и 4_3 – «условные треугольники» магнитной фракции–3 с равной площадью

2. Кривая β – кривая магнитного продукта (концентрата). Она строится по результатам столбца 8 (откладываются по правой вертикальной оси снизу вверх) и столбца 9 (откладываются по нижней

оси). Верхняя точка кривой β соответствует выходу 100 % и массовой доле полезного компонента в исходном продукте α .

3. Кривая ν – кривая немагнитного продукта (хвостов). Она строится по данным столбца 6 (откладываются по левой вертикальной оси сверху вниз) и столбца 7 (откладываются по нижней оси). Нижняя точка кривой ν соответствует выходу 100 % и массовой доле полезного компонента в исходном продукте α .

4. Кривая I – кривая признака разделения (силы тока). Она строится по данным столбца 2 (откладываются по верхней оси) и столбца 8 (откладываются по правой вертикальной оси снизу вверх).

Особенности построения кривых обогатимости руды магнитным методом обогащения

Нельзя продолжать кривые λ и I вправо и влево, кривую β вправо и кривую ν влево (в сторону уменьшения или увеличения массовой доли полезного компонента до нуля или до 100 %). Полученные зависимости (кривые обогатимости) не должны выходить за область эксперимента, определяемую диапазоном изменения силы тока, питающего электромагнит сепаратора. Можно только предполагать, как поведут себя эти зависимости при дальнейшем снижении или увеличении силы тока.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты (см. таблицу 3), кривые обогатимости (см. рисунок 6), эскиз сепаратора (магнитного анализатора 25Т-СЭМ или роликового сепаратора СЭ-138Т). Вывод по работе не делается.

Защита лабораторной работы № 3

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ.

По одному из заданных преподавателем показателей (γ_k , γ_x , β , ν или I) по кривым обогатимости находятся другие технологические показатели обогащения. Например, если задана сила тока (I), то по кривым обогатимости необходимо найти γ_k , γ_x , β , ν ; если задана β – необходимо найти γ_k , γ_x , ν , I .

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

СУХАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД

Цель работы: изучение конструкции барабанного магнитного сепаратора с верхней подачей материала для сухого обогащения, освоение методики приближённого определения количества магнитных минералов в продуктах обогащения и определение влияния на выход магнитного продукта изменения индукции магнитного поля сепаратора (силы тока, подаваемого в электромагнитную систему).

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в барабанном магнитном сепараторе с верхней подачей, конструкция ручного магнита и его использование для разделения пробы на «магнитную» и «немагнитную» фракции

Работа выполняется на лабораторном барабанном сепараторе с верхней подачей материала для сухого обогащения ЭБС-33/18 с электромагнитной системой. В ходе выполнения работы определяется влияние на показатели обогащения индукции магнитного поля (силы тока, подаваемого в электромагнит).

Принципиальная конструкция барабанного сепаратора с верхней подачей приведена на рисунке 7, а. Основными элементами сепаратора являются вращающийся барабан 1, внутри которого неподвижно расположена электромагнитная система 2.

Барабанный сепаратор с верхней подачей материала работает следующим образом. Исходный материал поступает на вращающийся барабан 1 и транспортируются им в зону разделения, ограниченную областью действия (сектором) магнитной системы 2. Немагнитные частицы под действием механических сил отрываются от барабана раньше, чем магнитные, и попадают в приемник 5. Магнитные частицы притягиваются к магнитной системе и транспортируются барабаном до края магнитной системы, после чего они отрываются и попадают в приемники 6 и 7. Качество и количество получаемых продуктов разделения можно регулировать с помощью изменения положения шиберов 4 (см. рисунок 7, а).

Для приближённой оценки количества магнитных частиц в продуктах обогащения используется ручной магнит в чехле (РМЧ). Этот метод широко применяется при обогащении магнетитовых руд для предварительного контроля количества сильномагнитной фракции в немагнитном продукте обогащения (при идеальном обогащении мас-

совая доля сильномагнитных частиц в немагнитном продукте должна равняться нулю).

Конструкция ручного магнита в чехле (РМЧ) приведена на рисунке 7, б. Основными элементами РЧМ являются магнитная система из постоянных магнитов 1, помещённая внутри чехла 2 с ручкой 3.

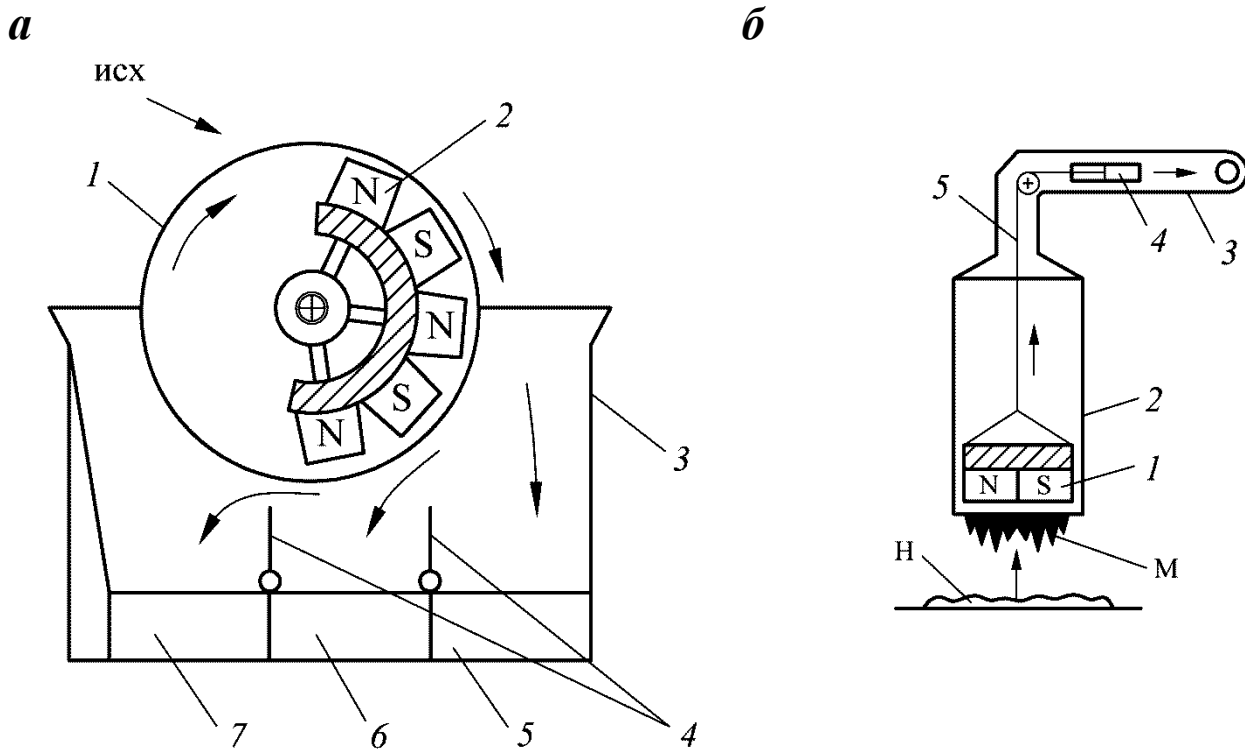


Рисунок 7 – Лабораторное оборудование для сухого обогащения сильномагнитных руд:

а – барабанный сепаратор с верхней подачей материала: 1 – вращающийся барабан; 2 – неподвижная магнитная система; 3 – корпус; 4 – шибберы; 5, 6 и 7 – приёмники, соответственно для немагнитного и двух магнитных продуктов; б – ручной магнит в чехле (РМЧ): 1 – магнитная система; 2 – чехол; 3 – ручка; 4 – устройство для подъёма магнитной системы; 5 – нить; М и Н – магнитный и немагнитный продукты

Принцип выделения сильномагнитных частиц из продукта магнитного обогащения (из руды) заключается в следующем. Ручной магнит подносят сверху к исследуемой пробе. Магнитные частицы притягиваются к магнитной системе 1, немагнитные частицы к РМЧ не притягиваются и остаются в исходном положении. Далее ручной магнит перемещают вверх и в сторону от исследуемой пробы. После этого магнитную систему вручную поднимают вверх путём перемещения вправо устройства 4 (см. рисунок 7, б). Это приводит к резкому уменьшению индукции магнитного поля на рабочей поверхности (нижней плоскости) РМЧ и к отрыву магнитных частиц, которые падают вниз в приготовленную чашку.

Необходимые материалы и оборудование:

- исходный продукт сильномагнитной руды крупностью $-12+0$ мм (масса навески составляет 700–1000 г);
- барабанный сепаратор с верхней подачей материала;
- ручной магнит в чехле;
- чашки для продуктов;
- совок;
- электронные весы.

Методика проведения работы

1. Исходная проба взвешивается и помещается в чашку.
2. Шиберы магнитного сепаратора устанавливаются в вертикальное положение.
3. Включается привод барабана сепаратора
4. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита. Для каждого опыта преподаватель задаёт три значения силы тока, питающего электромагнит. *Всего выполняются три опыта.*
5. Исходную пробу с помощью совка загружают в приёмный бункер, из которого материал поступает на вращающийся барабан 1. Немагнитный продукт разгружается в приемник 5. Магнитный продукт разгружается в приемники 6 и 7 (см. рисунок 7, а).
6. После окончания опыта (после прекращения подачи исходного материала на барабан) силу тока плавно снижают от заданного значения до нуля путём вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки. После этого выпрямитель выключается.
Внимание! Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.
7. Отключается электропривод барабана.
8. Из корпуса сепаратора 3 вынимаются приёмники 5, 6 и 7 (см. рисунок 7). Из приёмника 5 немагнитный продукт (хвосты) пересыпается в чашку и взвешивается с определением массы M_x . Из приёмников 6 и 7 магнитные продукты пересыпается в другую чашку (магнитные продукты объединяются в концентрат) и взвешиваются с определением массы M_k . Массы продуктов заносятся в столбец 2 таблицы 4.
9. Концентрат укладывают монослоем на лист бумаги, помещённый на разделочный стол, со столешницей из немагнитного материала (из дерева). С помощью ручного магнита в чехле выделяют из

концентрата магнитные частицы. Магнитные частицы взвешивают с определением массы K_k . Аналогично выделяют из хвостов магнитные частицы, которые в дальнейшем взвешиваются с определением массы K_x . Массы магнитных частиц, выделенных из концентрата и хвостов, заносятся в столбец 3 таблицы 4.

10. Магнитные и немагнитные продукты, полученные с помощью ручного магнита в чехле (четыре продукта), объединяют в один продукт. Этот продукт будет являться исходным продуктом для проведения второго (третьего) опыта.

11. Пункты 1–10 повторяются при проведении второго опыта и, далее, при проведении третьего опыта.

Основные требования техники безопасности!

1. Включение магнитного сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания электромагнита (выпрямителя) и отсутствия видимых повреждений оборудования.

2. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться вращающихся частей сепаратора.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы M_k , M_x , K_k , K_x (см. таблицу 4). Массу M_α рассчитывают по формуле (1) и записывают в столбец 2. Массу K_α рассчитывают по формуле: $K_\alpha = K_k + K_x$ и записывают в столбец 3 таблицы 4.

Выходы продуктов, массовые доли магнитной фракции в продуктах и извлечения магнитной фракции в продукты рассчитывают с использованием формул (3), (5), (6), (8) и (10). Результаты заносят в столбцы 4–6 таблицы 4.

Эффективность магнитной сепарации в каждом опыте рассчитывают по формуле:

$$E = 100 \cdot (\varepsilon_k - \gamma_k) / (100 - \alpha). \quad (16)$$

По полученным данным строятся графические зависимости выхода концентрата, эффективности магнитной сепарации (или другой функции) от силы тока, питающего электромагнит. Зависимости оформляются на двух рисунках. Преподаватель может задать другие функции (например, массовую долю магнитной фракции в хвостах обогащения) для построения графических зависимостей. Пример вида графической зависимости и её оформления приведён на рисунке 2.

Таблица 4 – Результаты сухой магнитной сепарации магнетитовой руды

Продукт	Масса, г		Выход, %	Массовая до- ля магнит- ных частиц, %	Извлечение магнитных частиц, %	Эффектив- ность маг- нитной сепа- рации, %
	продукта	магнитных частиц				
1	2	3	4	5	6	7
Опыт № 1 ($I = \dots A$)						
Концентрат	$M_{\text{к}}$	$K_{\text{к}}$				E_1
Хвосты	$M_{\text{х}}$	$K_{\text{х}}$				
Исходный	M_{α}	K_{α}				
Опыт № 2 ($I = \dots A$)						
Концентрат	$M_{\text{к}}$	$K_{\text{к}}$				E_2
Хвосты	$M_{\text{х}}$	$K_{\text{х}}$				
Исходный	M_{α}	K_{α}				
Опыт № 3 ($I = \dots A$)						
Концентрат	$M_{\text{к}}$	$K_{\text{к}}$				E_3
Хвосты	$M_{\text{х}}$	$K_{\text{х}}$				
Исходный	M_{α}	K_{α}				

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как сила тока влияет на выход концентрата и на эффективность магнитной сепарации, или на другую заданную функцию, например на массовую долю магнитной фракции в хвостах.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 4), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 4

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Как поведут себя экспериментальные зависимости при снижении силы тока до 0 А или при гипотетическом увеличении силы тока до бесконечности?

2. Как изменятся технологические показатели обогащения при увеличении линейной скорости вращения барабана сепаратора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

МОКРАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД

Цель работы: изучение конструкции барабанного магнитного сепаратора с нижней подачей материала для мокрого обогащения, освоение методики приближённого определения количества магнитных минералов в хвостах мокрого магнитного обогащения.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в барабанном магнитном сепараторе с нижней подачей для мокрого обогащения

Работа выполняется на лабораторном барабанном сепараторе с нижней подачей материала для мокрого обогащения 120Т-СЭМ с электромагнитной системой.

Принципиальная конструкция барабанного сепаратора с нижней подачей приведена на рисунке 8. Основными элементами сепаратора являются вращающийся барабан 1, внутри которого неподвижно расположена электромагнитная система 2, и ванна 3.

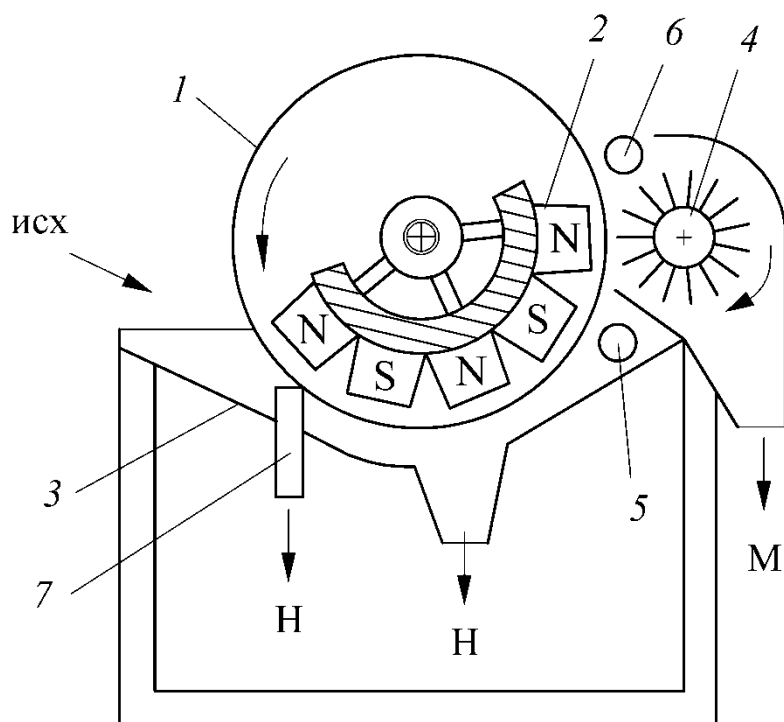


Рисунок 8 – Лабораторный барабанный сепаратор 120Т-СЭМ с нижней подачей материала для мокрого обогащения:

1 – вращающийся барабан; 2 – неподвижная магнитная система; 3 – ванна; 4 – индукционный съёмник (вращающийся валок с железными прутками); 5 и 6 – патрубки с отверстиями для подачи на барабан, соответственно промывной воды и смывной воды; 7 – переливной патрубок для поддержания постоянного уровня пульпы в ванне

Барабанный сепаратор с нижней подачей материала работает следующим образом. Исходный материал поступает в виде пульпы в ванну сепаратора 3. Немагнитные частицы вместе с водой под действием силы тяжести движутся по дну ванны и разгружаются через нижнее центральное отверстие в ванне и, частично, через переливной патрубок 7. Магнитные частицы притягиваются к магнитной системе 2 и транспортируются барабаном 1 до края магнитной системы, после чего они отрываются от барабана и притягиваются к намагниченным железным пруткам индукционного съёмника 4, расположенным напротив последнего полюса магнитной системы. На этих прутках наводится более высокое магнитное поле, по сравнению с полем, создаваемым электромагнитной системой. При повороте индукционного съёмника по часовой стрелке железные прутки размагничиваются и больше не удерживают магнитные частицы. Далее магнитные частицы отрываются от индукционного съёмника и попадают в приёмник магнитной фракции (см. рисунок 8).

Для повышения качества концентрата на барабан из патрубка 5 под давлением подаётся промывная вода, способствующая удалению из объема извлечённых магнитных частиц, случайно попавших в него немагнитных частиц. Для лучшей разгрузки магнитных частиц с помощью индукционного съёмника 4 на барабан 1 подаётся смывная вода из патрубка 6. Для поддержания постоянного уровня пульпы в ванне используется переливной патрубок 7, через верхнее отверстие которого переливается избыток пульпы в ванне 3. Перелив направляют в немагнитный продукт (см. рисунок 8).

Необходимые материалы и оборудование:

- проба сильномагнитной магнетитовой (титаномагнетитовой) руды крупностью $-1+0$ мм (масса навески составляет 300–500 г);
- барабанный сепаратор с нижней подачей материала;
- ручной магнит в чехле (см. рисунок 7, б);
- таз для магнитного продукта и ведро для немагнитного продукта;
- чашки для продуктов;
- электронные весы.

Методика проведения работы

1. Исходная проба взвешивается и помещается в чашку.
2. Открывается вентиль для подачи воды в патрубки 5 и 6.
3. Открывается вентиль для подачи воды в ванну 3. После заполнения ванны водой избыток воды в ванны будет выводиться через

переливной патрубок 7. Изменением количества воды, подаваемой в ванну, добиваются минимального расхода переливной воды.

4. Устанавливается таз и ведро для сбора продуктов разделения.

5. Включается привод барабана сепаратора

6. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита, равная 8 А.

7. Исходную пробу загружают в ванну 3 сепаратора. Немагнитный продукт разгружается через нижнее отверстие в ванне и собирается в ведро. Магнитный продукт разгружается с помощью индукционного съёмника 4 и собирается в таз.

8. После окончания опыта силу тока плавно снижают от заданного значения до нуля путём вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.

9. Отключается электропривод барабана.

10. Прекращается подача воды в ванну и в патрубки 5 и 6.

11. Немагнитный продукт (хвосты) декантируется и переносится в чашку, сушится и взвешивается с определением массы M_x . Магнитный продукт (концентрат) из таза переносится в чашку, сушится и взвешивается с определением массы M_k . Массы продуктов заносятся в столбец 2 таблицы 5.

12. Концентрат укладывают монослоем на немагнитную поверхность. С помощью ручного магнита в чехле выделяют из концентрата магнитные частицы. Магнитные частицы взвешивают с определением массы K_k . Аналогично выделяют из хвостов магнитные частицы, которые в дальнейшем взвешиваются с определением массы K_x . Массы магнитных частиц, выделенных из концентрата и хвостов, заносятся в столбец 3 таблицы 5. Методика выделения сильномагнитных частиц из продукта магнитного обогащения с помощью ручного магнита приведена в лабораторной работе № 4.

Основные требования техники безопасности!

1. Включение магнитного сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания электромагнита (выпрямителя) и отсутствия видимых повреждений оборудования.

2. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться вращающихся частей сепаратора.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы M_k , M_x , K_k , K_x (см. таблицу 5).

Таблица 5 – Результаты мокрой магнитной сепарации магнетитовой руды

Продукт	Масса, г		Выход, %	Массовая доля магнитных частиц, %	Извлечение магнитных частиц, %
	продукта	магнитных частиц			
1	2	3	4	5	6
Концентрат	M_k	K_k			
Хвосты	M_x	K_x			
Исходный	M_α	K_α			

Массу M_α рассчитывают по формуле (1) и записывают в столбец 2. Массу K_α рассчитывают по формуле: $K_\alpha = K_k + K_x$ и записывают в столбец 3. Выходы продуктов, массовые доли магнитной фракции в продуктах и извлечения магнитной фракции в продукты рассчитывают с использованием формул (3), (5), (6), (8) и (10). Результаты заносят в столбцы 4–6 таблицы 5.

По экспериментальным данным делается вывод о степени извлечения сильномагнитных частиц при магнитной сепарации.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 5), эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и вывод по работе.

Защита лабораторной работы № 5

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопросы:

1. Изменение каких параметров магнитного сепаратора может привести к увеличению извлечения магнитных частиц и к увеличению выхода магнитного продукта?

2. Как изменятся массовые доли магнитных частиц в концентрате и в хвостах при увеличении извлечения магнитных частиц?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ВЫСОКОГРАДИЕНТНАЯ МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ

Цель работы: ознакомление с процессом высокоградиентной магнитной сепарации изучение конструкции лабораторного сепаратора-анализатора.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в лабораторном высокоградиентном магнитном сепараторе-анализаторе

Метод высокоградиентной магнитной сепарации применяется для обогащения слабомагнитных тонкоизмельченных продуктов.

Работа выполняется на лабораторном высокоградиентном магнитном сепараторе, основными элементами которого являются электромагнитная система от трубчатого анализатора 25Т-СЭМ и рабочая матрица 4, заполненная ферромагнитными рифлёными (с заострениями) пластинами 5 (рисунок 9).

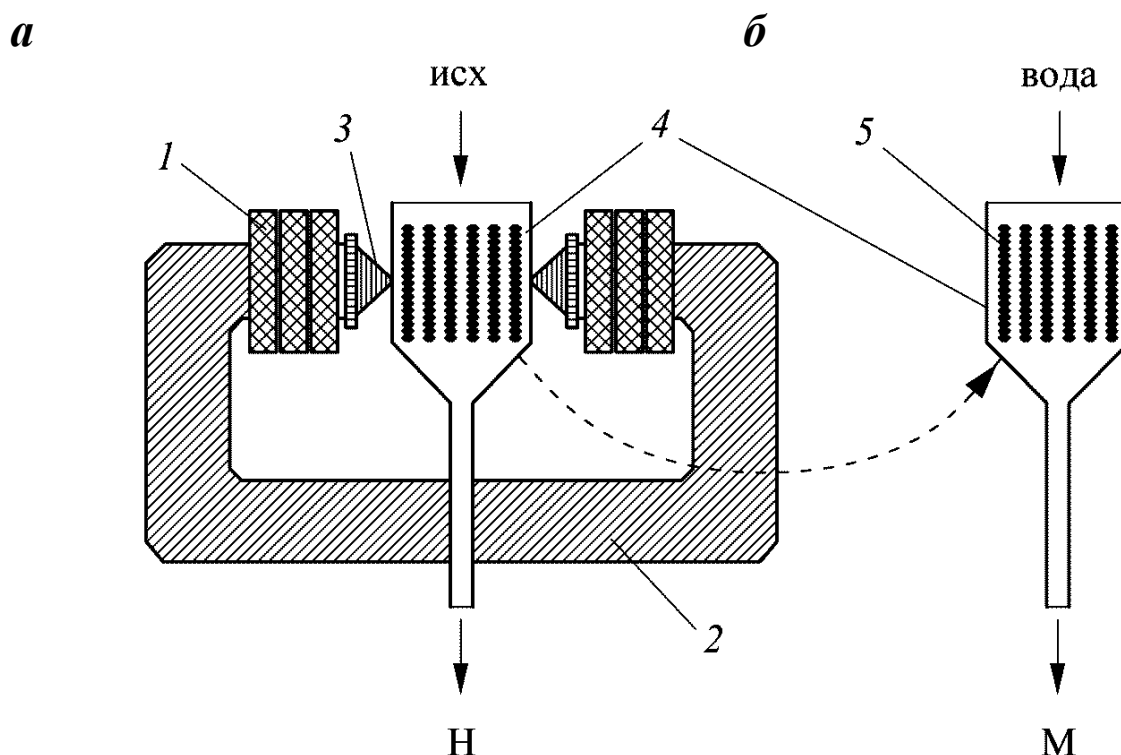


Рисунок 9 – Лабораторный высокоградиентный сепаратор–анализатор:
а – цикл подачи исходного и разгрузки немагнитного продукта; б – цикл разгрузки магнитного продукта; 1 – обмотки возбуждения; 2 – магнитопровод; 3 – полюсные наконечники; 4 – рабочая матрица; 5 – рифлёные ферромагнитные пластины; М и Н – магнитный и немагнитный продукты

Принцип разделения в высокоградиентном сепараторе заключается в следующем (см. рисунок 9). При помещении рабочей матрицы сепаратора, заполненной ферромагнитными телами (рифлёными пластинами), во внешнее магнитное поле ферромагнитные тела намагничиваются и создают магнитное поле с большей индукцией и с большим градиентом по сравнению с магнитным полем, создаваемым в воздушном зазоре внешней магнитной системой. Магнитная сила внутри объёма ферромагнитных тел хотя и ограничена, но больше, чем в любом другом сопоставимом сепараторе. Когда рабочая матрица сепаратора находится в зоне действия внешнего магнитного поля, в объём ферромагнитных тел подаётся пульпа исходного материала. Слабомагнитные частицы притягиваются к заострениям ферромагнитных пластин. Немагнитные частицы вместе с водой проходят между ферромагнитными телами и разгружаются под действием силы тяжести (см. рисунок 9, а). Далее рабочая матрица выводится из зоны действия магнитного поля, ферромагнитные тела размагничиваются и не удерживают слабомагнитные частицы, которые смываются водой и попадают в свой приёмник (см. рисунок 9, б).

Необходимые материалы и оборудование:

- исходный материал: две пробы слабомагнитного продукта крупностью $-1+0$ мм по 20-50 г;
- лабораторный высокоградиентный сепаратор и трубчатый анализатор 25Т-СЭМ;
- стаканчик (2 шт.);
- промывалка;
- приемники для сбора немагнитной фракции (тазы) – 2 шт.;
- чашки для сбора магнитной фракции – 2 шт.;
- электронные весы;
- сушильный шкаф.

Методика проведения работы

1. Подготавливаются две навески по 20-50 г каждая и замачиваются в стаканчиках.

2. Выполняется первый опыт при заданной силе тока (5-8 А) на трубчатом анализаторе. Методика работы на *магнитном анализаторе 25Т-СЭМ* приведена в учебно-методических указаниях по выполнению лабораторной работы № 1.

3. Магнитная фракция первого опыта обезвоживается, сушится и взвешивается. Немагнитная фракция первого опыта удаляется в шламоотстойник.

4. Второй опыт выполняется на высокоградиентном сепараторе при такой же силе тока (5-8 А), как при первом опыте.

5. Включается выпрямитель и путём вращения рукоятки по часовой стрелке устанавливается заданная величина силы тока в обмотках электромагнита.

6. В рабочую матрицу сепаратора небольшими порциями из стаканчика загружается пульпа исходного материала. На верхнюю часть рифлёных пластин подаётся вода из промывалки.

7. Немагнитный продукт разгружается вместе с промывной водой в тазы. Немагнитная фракция второго опыта удаляется в шламоотстойник.

8. По окончании второго опыта (после загрузки всего исходного продукта) прекращается подача промывной воды. Таз для сбора немагнитного продукта меняется на чашку для сбора магнитного продукта.

9. Путём плавного вращения рукоятки выпрямителя против часовой стрелки силу тока снижают от заданного значения до нуля. После этого выпрямитель выключается.

Внимание! Выключать выпрямитель можно только при снижении силы тока до нуля.

10. Магнитная фракция разгружается в чашку с помощью воды, подаваемой промывалки.

11. Магнитная фракция обезвоживается, сушится и взвешивается с точностью до сотых долей грамма.

Основные требования техники безопасности!

1. *Перед началом работы необходимо визуально убедиться в надёжности заземления и отсутствия видимых повреждений оборудования и блоков питания электромагнитов (выпрямителей тока).*

2. *В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике и не касаться обмоток возбуждения электромагнитных систем магнитного анализатора и высокоградиентного сепаратора.*

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

По формуле (3) рассчитываются выходы магнитных продуктов в опытах № 1 и 2. На основании полученных данных выполняется сравнение значений выходов магнитных продуктов и сравнение предполагаемых величин извлечений слабомагнитных частиц при одинаковой силе тока в обмотках электромагнитов сепараторов для

сопоставляемых методов магнитного обогащения. Это отражается в выводе по лабораторной работе.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, эскиз высокоградиентного сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и вывод по работе.

Защита лабораторной работы № 6

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопрос: «Почему при высокоградиентной сепарации выход магнитного продукта больше, чем при обогащении в трубчатом магнитном анализаторе?».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ТРИБОЗАРЯДА МИНЕРАЛОВ

Цель работы: ознакомление с методикой определения заряда (трибозаряда), получаемого частицами-диэлектриками путём трения при движении их по наклонной плоскости.

Пояснения к работе, конструкция установки для определения трибозаряда минералов

Сообщение частицам заряда при электрической сепарации является одним из основных процессов, определяющих эффективность дальнейшего разделения частиц. Сообщение заряда с использованием трибоэффекта используется в трибоэлектрических и трибоадгезионных сепараторах. Нарушение процесса сообщения заряда частицам ведет к ухудшению и прекращению процессов разделения частиц, поэтому определение влияния на величину заряда различных факторов представляет значительный интерес. На величину трибозаряда частиц-диэлектриков влияет их крупность, скорость их движения и материал подложки (плоскости скольжения).

Установка для определения трибозаряда минералов приведена на рисунке 10. Установка для определения суммарного заряда частиц состоит из цилиндра Фарадея 1, соединённого с электростатическим высокоомным вольтметром 4. Цилиндр Фарадея экранируется заземлённым корпусом 2, в котором он крепится с помощью изоляторов 3.

В установке осуществляется измерение интегрального суммарного трибозаряда минералов, который они получают путём трения при прохождении по трубке 5 (по подложке из заданного материала). Этот заряд определяют с помощью цилиндра Фарадея, куда попадают частицы 7. Суммарный трибозаряд будет пропорционален разности потенциалов между цилиндром Фарадея 1 и заземлённым корпусом 2. Разность потенциалов измеряют с помощью электростатического вольтметра 4 (см. рисунок 10).

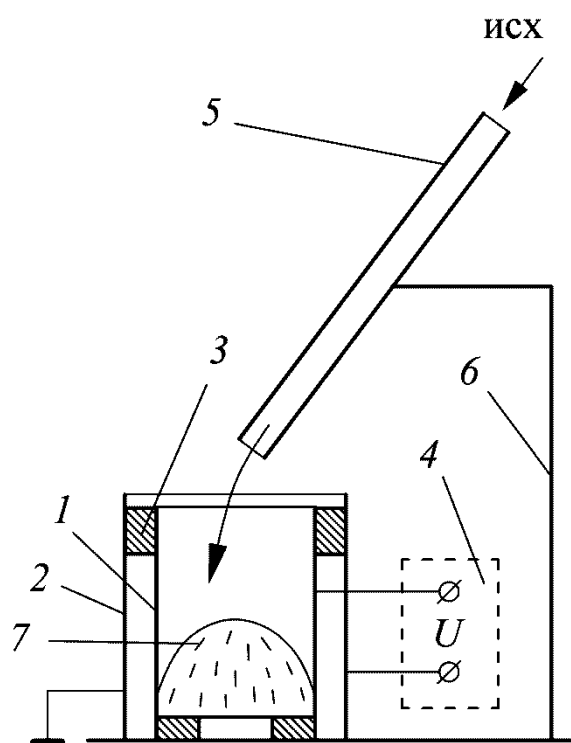


Рисунок 10 – Установка для определения зарядов минералов: 1 – цилиндр Фарадея; 2 – заземлённый корпус; 3 – изоляторы; 4 – электростатический вольтметр; 5 – трубка (подложка); 6 – штатив; 7 – продукт

Необходимые материалы и оборудование:

- исходный продукт крупностью $-0,5+0$ мм (кварц и полевой шпат по 100 г);
- установка для измерения трибозарядов минералов;
- две подложки (из винипласта и керамики);
- воронка;
- вибровстряхиватель с комплектом сит;
- электронные весы;
- транспортер для измерения угла наклона трубки (подложки).

Методика проведения работы

1. Кварц и полевой шпат рассеиваются на вибровстряхивателе с получением нескольких классов крупности. Для опытов выбирается один класс крупности одинаковый для кварца и полевого шпата, например $-0,315+0,16$ мм. Полученные классы крупности взвешиваются для определения масс кварца и полевого шпата – $M_{\text{кв}}$ и $M_{\text{пш}}$. Результаты заносятся в таблицу 6.

2. Всего выполняют 12 опытов при различных углах наклона (45^0 , 50^0 , 55^0) и различном материале трубки (винипласт и керамика) отдельно для кварца и полевого шпата.

3. Включают вольтметр 4 в сеть и рукояткой выставляют «ноль».

Таблица 6 – Результаты определения трибозарядов минералов

Минерал	Изменяемый фактор			Разность потенциалов, В	Заряд, Кл	Удельный заряд, Кл/кг
	Масса пробы, кг	Угол наклона α , град.	Материал подложки			
Кварц	$M_{\text{кв}}$	α_1	винипласт	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j
		α_1	керамика	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j
Полевой шпат	$M_{\text{пш}}$	α_1	винипласт	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j
		α_1	керамика	U_j	Q_j	q_j
		α_2		U_j	Q_j	q_j
		α_3		U_j	Q_j	q_j

4. Устанавливают угол наклона трубки.

5. Исходный материал с помощью воронки равномерно загружают в трубку – 5 (подложку).

6. После попадания всего материала в цилиндр Фарадея 1, снимают показания электростатического вольтметра 4 и заносят их в таблицу 6;

7. Разряжают цилиндр Фарадея 1 путём его замыкания с заземлённым корпусом 2 (см. рисунок 10).

8. Высыпают из цилиндра Фарадея исследуемый материал.

9. Пункты 2–9 повторяются при других значениях факторов.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Суммарный заряд пробы в j -том опыте Q_j , Кл

$$Q_j = C \cdot U_j, \quad (16)$$

где C – емкость системы цилиндр Фарадея-вольтметр, Ф ($C = 19$ пФ); U_j – показание электростатического вольтметра, В.

Удельный заряд минерала, приходящийся на единицу массы в j -ом опыте q_j , Кл/кг

$$q_j = Q_j / M_k, \quad (17)$$

где M_k – масса пробы, кг; k – номер минерала (кварц или полевой шпат).

На основании полученных данных строятся графические зависимости удельного заряда кварца и полевого шпата от угла наклона трубки (подложки). Зависимости приводятся на двух рисунках для различных материалов трубки (первый рисунок для винипласта, второй для керамики). Пример оформления графических зависимостей приведён на рисунке 4.

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как угол наклона и материал трубки влияют на удельный заряд кварца и полевого шпата. Кроме этого, по зависимостям определяют угол наклона и материал трубки, при которых достигаются максимальные различия в удельных зарядах кварца и полевого шпата.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 6), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз установки для определения зарядов минералов (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 7

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

РАЗДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА

Цель работы: изучение конструкции барабанного коронно-электростатического сепаратора и определение влияния на технологические показатели обогащения частоты вращения его барабана.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в коронно-электростатическом сепараторе ЭС-2

При сепарации в поле коронного разряда осуществляется разделение частиц по электрической проводимости и по крупности. При этом способе исходный материал делится на проводники, полупроводники и диэлектрики или на грубозернистую и тонкозернистую фракции. Общим для этого процесса является использование поля коронного разряда для сообщения зарядов разделяемым частицам. Если подвести высокое напряжение к игольчатому и плоскому элек-

троду, то между электродами возникнет коронный разряд. Коронный разряд (корона) быстрее образуется у электрода с меньшим радиусом кривизны (проволока, иглы и др.), поэтому этот электрод называют коронирующим.

Работа выполняется на коронно-электростатическом сепараторе ЭС-2 или сепараторе КЭС-26/30 (рисунок 11). Основными элементами сепаратора являются вращающийся заземлённый барабан–осадительный электрод 3, коронирующий игольчатый электрод 4 и отклоняющий трубчатый электрод 5. Заземлённый барабан имеет положительную полярность, а коронирующий и отклоняющий электроды имеют отрицательную полярность приложенного напряжения.

В ходе выполнения работы определяется влияние на показатели обогащения частоты вращения барабана–осадительного электрода 3.

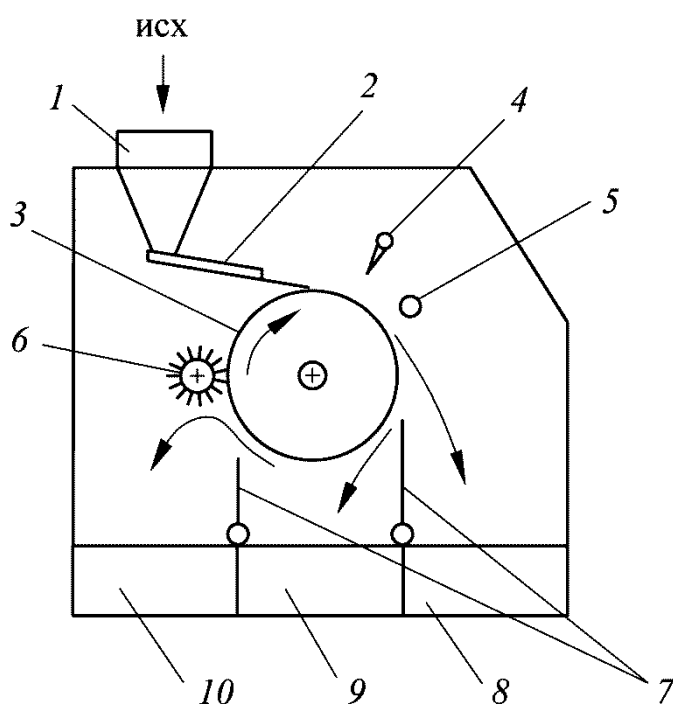


Рисунок 11 – Электрический сепаратор ЭС-2:

1 – бункер; 2 – вибропитатель; 3 – барабан–осадительный электрод; 4 – коронирующий электрод; 5 – отклоняющий электрод; 6 – щётка; 7 – шибера; 8, 9 и 10 – приёмники, соответственно для проводников, промпродукта и непроводников

Коронный электрический сепаратор работает следующим образом. Исходный продукт из бункера 1 поступает на вибропитатель 2 и далее на вращающийся осадительный электрод–барабан 3. Попадая в поле коронного разряда, все частицы получают отрицательный заряд. Проводники, обладающие высокой электрической проводимостью, разряжаются на заземлённом осадительном электроде 3 и почти мгновенно получают от него положительный заряд одноименного знака с осадительным электродом и отталкиваются от барабана. Попадая в зону действия электростатического поля отклоняющего электрода 5, проводники еще больше изменяют траекторию своего движения и попадают в приемник 8 (см. рисунок 11).

Непроводники (диэлектрики), заряд с которых стекает медленно, притягиваются к барабану–осадительному электроду 3 и движут-

ся вместе с ним, разгружаясь в приемник 10 с помощью очистительной щетки 6. Между приемниками для проводников 8 и непроводников 10 расположен приемник для промежуточного продукта 9. Качество и количество продуктов разделения регулируются шиберами 7.

Необходимые материалы и оборудование:

- обеспыленный продукт крупностью менее 1 мм (смесь кварца и магнетита) – три навески по 100 г;
- электрический сепаратор ЭС-2 или КЭС-26/30;
- ручной магнит в чехле;
- чашки для продуктов;
- электронные весы;

Методика проведения работы

1. Подготавливаются три навески исходного материала по 100 г для проведения эксперимента, состоящего из трёх опытов.

2. В каждом отдельном опыте изменяется частота вращения барабана–осадительного электрода.

3. Устанавливается требуемое значение частоты вращения барабана электрического сепаратора для 1-го опыта, напряжение, подаваемое на электроды, производительность вибропитателя.

4. Исходный материал загружается в бункер, включается вибропитатель и выполняется опыт.

Внимание! Включение в «сеть» электрического сепаратора и установка необходимых режимов его работы выполняет преподаватель.

Основные требования техники безопасности!

Включение электрического сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания и отсутствия видимых повреждений оборудования. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике.

5. Полученные продукты взвешиваются, их массы M_k , $M_{\text{пп}}$ и M_x заносятся в столбец 2 таблицы 7.

6. Концентрат (проводники) укладывают монослоем на немагнитную поверхность. С помощью ручного магнита в чехле выделяют из концентрата магнитные частицы. Магнитные частицы взвешивают с определением массы K_k . Аналогично выделяют из промпродукта и хвостов (непроводников) магнитные частицы, которые в дальнейшем взвешиваются с определением масс $K_{\text{пп}}$ и K_x . Массы магнитных частиц, выделенных из концентрата, промпродукта и хвостов, заносятся

в столбец 3 таблицы 7. Методика выделения сильномагнитных частиц из продукта магнитного обогащения с помощью ручного магнита приведена в лабораторной работе № 4.

7. Пункты 3–6 повторяются при проведении других опытов.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы M_k , $M_{пп}$, M_x , K_k , $K_{пп}$, K_x (см. таблицу 7).

Таблица 7 – Результаты коронно-электростатической сепарации

Продукт	Масса, г		Выход, %	Массовая доля частиц– проводников, %	Извлечение частиц– проводников, %
	продукта	частиц– проводников			
1	2	3	4	5	6
Опыт № 1 (режим № 1, $n = \dots$ об/мин)					
Концентрат	M_k	K_k			
Промпродукт	$M_{пп}$	$K_{пп}$			
Хвосты	M_x	K_x			
Исходный	M_α	K_α			
Опыт № 2 (режим № 2, $n = \dots$ об/мин)					
Концентрат	M_k	K_k			
Промпродукт	$M_{пп}$	$K_{пп}$			
Хвосты	M_x	K_x			
Исходный	M_α	K_α			
Опыт № 3 (режим № 3, $n = \dots$ об/мин)					
Концентрат	M_k	K_k			
Промпродукт	$M_{пп}$	$K_{пп}$			
Хвосты	M_x	K_x			
Исходный	M_α	K_α			

Массу M_α рассчитывают по формуле (2) и записывают в столбец 2. Массу K_α рассчитывают по формуле: $K_\alpha = K_k + K_{пп} + K_x$ и записывают в столбец 3 таблицы 7.

Выходы продуктов, массовые доли магнитной фракции в продуктах и извлечения магнитной фракции в продукты рассчитывают с использованием формул (3), (5)–(8) и (10). Результаты заносят в столбцы 4–6 таблицы 7.

По полученным данным строятся графические зависимости выходов продуктов разделения (первый рисунок) и массовых долей частиц–проводников в продуктах разделения (второй рисунок) от ча-

стоты вращения барабана–осадительного электрода. Пример оформления графической зависимости приведён на рисунке 4.

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как частота вращения барабана–осадительного электрода влияет на выходы продуктов разделения и на массовую долю частиц–проводников в продуктах разделения.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 7), два рисунка с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 8

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопрос: «Как поведут себя экспериментальные зависимости при снижении частоты вращения барабана–осадительного электрода до одного об/мин или при гипотетическом увеличении частоты вращения барабана до бесконечности?».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

РАЗДЕЛЕНИЕ ПО КРУПНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОАДГЕЗИОННОЙ СЕПАРАЦИИ

Цель работы: ознакомление с процессом электроадгезионной сепарации и определение влияния частоты вращения барабана на классифицирующие возможности электроадгезионного сепаратора.

Пояснения к работе

Электроадгезионное обогащение применяется для разделения по крупности и по форме однородных по минеральному составу продуктов. Процесс электроадгезионного обогащения определяется силами адгезии, тяжести, центробежными. Под адгезией обычно понимают сцепление между двумя приведенными в контакт поверхностями различных по своей природе материалов. При электроадгезионной сепарации сила адгезии в основном определяется электрическими силами. В процессе разделения исходный материал подвергается зарядке, далее он поступает на вращающийся барабан, в результате чего одни

частицы (более мелкие) удерживаются на поверхности барабана за счет сил адгезии и транспортируются в свой приемник. Другие, более крупные, отрываются от поверхности барабана под воздействием сил тяжести и центробежной силы и попадают в другой приемник. Если исходный продукт перед разделением получает заряд путем электризации трением, то данный метод называется трибоадгезионным.

В настоящей работе заряд частицам будет сообщаться не путем трения, а путем коронного разряда, поэтому способ разделения будем в общем виде именовать электроадгезионным. Работа выполняется на лабораторном коронно-электростатическом сепараторе ЭС-2 или сепараторе КЭС-26/30 (принципиальная конструкция этих сепараторов приведена на рисунке 11).

Коронный электрический сепаратор в электроадгезионном режиме при классификации частиц-диэлектриков работает следующим образом. Исходный продукт из бункера 1 поступает на вибропитатель 2 и далее на вращающийся осадительный электрод–барабан 3 (см. рисунок 11). Попадая в поле коронного разряда, все частицы получают отрицательный заряд. При этом чем меньше размер частицы, тем больший удельный заряд она получит. Далее, заряженные частицы, находящиеся на вращающемся электроде–барабане с положительным зарядом, притягиваются к барабану («–» к «+»).

На более крупные частицы центробежная сила действует сильнее, и сила притяжения крупных частиц к барабану за счет силы адгезии низка (как молекулярная, так и электрическая зеркального отображения), поэтому крупные частицы оторвутся от барабана раньше и попадут в приёмник 8 для грубозернистой фракции. На более мелкие частицы центробежная сила действует в меньшей степени, и сила притяжения мелких частиц к барабану за счет силы адгезии более высокая. Поэтому мелкие частицы притянутся к барабану и попадут в приёмник тонкозернистой фракции 10. В приёмник 9 попадут частицы с промежуточной крупностью (см. рисунок 11).

Необходимые материалы и оборудование:

- продукт крупностью менее 1 мм (кварц или полевой шпат) – три навески по 100 г;
- электрический сепаратор ЭС-2 или КЭС-26/30;
- чашки для продуктов;
- вибровстряхиватель с комплектом сит;
- электронные весы.

Методика проведения работы

1. Подготавливаются три навески исходного материала по 100 г для проведения эксперимента, состоящего из трёх опытов.

2. В каждом отдельном опыте изменяется частота вращения барабана–осадительного электрода.

3. Устанавливается требуемое значение частоты вращения барабана электрического сепаратора для 1-го опыта, напряжение, подаваемое на коронирующий электрод (на отклоняющий электрод напряжение не подаётся), производительность вибропитателя.

4. Исходный материал загружается в бункер, включается вибропитатель и выполняется опыт.

Внимание! Включение в «сеть» электрического сепаратора и установку необходимых режимов его работы выполняет преподаватель.

Основные требования техники безопасности!

Включение электрического сепаратора производится после визуальной проверки надежности заземления сепаратора и блока питания и отсутствия видимых повреждений оборудования. В процессе работы необходимо стоять на диэлектрическом (резиновом) коврике.

5. Материал приёмников 8 и 9 объединяется в грубозернистый продукт (это принято при проведении эксперимента). Материал в приёмнике 10 представляет собой тонкозернистую фракцию (см. рисунок 11).

6. Полученные продукты взвешиваются, их массы $M_{\leftarrow}$ и $M_{\rightarrow}$ заносятся в столбец 2 таблицы 8.

7. Из тонкозернистого и грубозернистого продуктов путём их рассева на вибровстряхивателе выделяется контрольный класс крупности (–0,1+0 мм). Для этого используется набор сит с размерами отверстий: 0,315; 0,16; 0,1 мм (сверху вниз).

8. Классы крупности –0,1+0 мм, выделенные из тонкозернистого и грубозернистого продуктов, взвешивают с определением масс $K_{\leftarrow}$ и $K_{\rightarrow}$. Массы заносятся в столбец 3 таблицы 8.

9. Пункты 3–8 повторяются при проведении других опытов.

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

Экспериментальными результатами каждого опыта являются массы $M_{\leftarrow}$ и $M_{\rightarrow}$, $K_{\leftarrow}$ и $K_{\rightarrow}$ (см. таблицу 8).

Массу M_α рассчитывают по формуле: $M_\alpha = M_{\leftarrow} + M_{\rightarrow}$ и записывают в столбец 2. Массу K_α рассчитывают по формуле: $K_\alpha = K_{\leftarrow} + K_{\rightarrow}$ и записывают в столбец 3 таблицы 8.

Выходы продуктов рассчитывают по формулам (3) и (5).

Массовые доли класса крупности $-0,1+0$ мм в исходном, тонкозернистом и грубозернистом продуктах рассчитывают по формулам:

$$\alpha^{-0,1} = 100 \cdot K_\alpha / M_\alpha; \quad \beta^{-0,1} = 100 \cdot K_{\leftarrow} / M_{\leftarrow}; \quad \gamma^{-0,1} = 100 \cdot K_{\rightarrow} / M_{\rightarrow}. \quad (17)$$

Извлечения класса крупности $-0,1+0$ мм (полезного компонента) в продукты рассчитывают с использованием формул (8) и (10).

Результаты расчётов выходов, массовых долей и извлечений заносят в столбцы 4, 5 и 6 таблицы 8.

Таблица 8 – Результаты электроадгезионной сепарации

Продукт	Масса, г		Вы-ход, %	Массовая доля клас-са крупно-сти −0,1+0 мм, %	Извлечение класса крупности −0,1+0 мм, %	Эффектив-ность клас-сификации, %
	про-дукта	Класса крупности −0,1+0 мм				
1	2	3	4	5	6	7
Опыт № 1 (режим № 1, $n = \dots$ об/мин)						
Тонкозернистый	$M_{\leftarrow}$	$K_{\leftarrow}$				$E_{\text{кл1}}$
Грубозернистый	$M_{\leftarrow+}$	$K_{\leftarrow+}$				
Исходный	M_{α}	K_{α}				
Опыт № 1 (режим № 2, $n = \dots$ об/мин)						
Тонкозернистый	$M_{\leftarrow}$	$K_{\leftarrow}$				$E_{\text{кл2}}$
Грубозернистый	$M_{\leftarrow+}$	$K_{\leftarrow+}$				
Исходный	M_{α}	K_{α}				
Опыт № 1 (режим № 3, $n = \dots$ об/мин)						
Тонкозернистый	$M_{\leftarrow}$	$K_{\leftarrow}$				$E_{\text{кл3}}$
Грубозернистый	$M_{\leftarrow+}$	$K_{\leftarrow+}$				
Исходный	M_{α}	K_{α}				

Эффективность классификации в каждом опыте рассчитывают по формуле:

$$E_{\text{кл}} = 100 \cdot (\varepsilon_{\leftarrow} - \gamma_{\leftarrow}) / (100 - \alpha^{-0,1}), \quad (18)$$

где $\varepsilon_{\leftarrow}$ и $\gamma_{\leftarrow}$ – извлечение и выход тонкозернистой фракции, %.

По полученным данным строятся графические зависимости массовой доли класса крупности $-0,1+0$ мм в тонкозернистом продукте, выхода тонкозернистого продукта и эффективности классификации

от частоты вращения барабана–осадительного электрода. Зависимости строятся на одном графике, пример оформления которого, приведён на рисунке 4.

По экспериментальным зависимостям делаются выводы, как частота вращения барабана–осадительного электрода влияет на массовую долю класса крупности $-0,1+0$ мм в тонкозернистом продукте, на выход тонкозернистого продукта и на эффективность классификации.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, таблица с результатами (см. таблицу 8), рисунок с полученными экспериментальными зависимостями, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 9

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты, например, ответить на вопрос: «Как поведут себя экспериментальные зависимости при снижении частоты вращения барабана–осадительного электрода до одного об/мин или при гипотетическом увеличении частоты вращения барабана до бесконечности?».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ МИНЕРАЛОВ

Цель работы: освоение методики определения диэлектрической проницаемости минералов, ознакомление с процессом диэлектрической сепарации.

Пояснения к работе, конструкция и принцип разделения частиц в диэлектрическом сепараторе ДСК

В настоящее время в промышленных условиях диэлектрическая сепарация не применяется. Она нашла применение в лабораторных условиях для разделения минералов (для выделения «чистых» минералов), неудовлетворительно обогащаемых гравитационными, флотационными и магнитными методами и имеющих значительные отличия в диэлектрической проницаемости (ϵ_m). Разделение в диэлектрических сепараторах происходит в результате различного действия пондеромоторных сил в жидкой среде диэлектрика с диэлектриче-

ской проницаемостью (ϵ_c), занимающей промежуточное положение между диэлектрическими проницаемостями разделяемых минералов (ϵ_{m1} и ϵ_{m2}).

Работа выполняется на лабораторном диэлектрическом сепараторе ДСК. Сепаратор состоит из ванны (кюветы) 1, заполненной жидким диэлектриком, сферического 2 и плоского 3 электродов (рисунок 12). Ванна, сферический и плоский электрод имеют круговое сечение в горизонтальной плоскости. Электроды подключаются к источнику переменного напряжения (до 3 кВ). Для исключения пробоя между электродами при разделении проводящих частиц сферический электрод изолируют плёнкой из целлофана или другого диэлектрика.

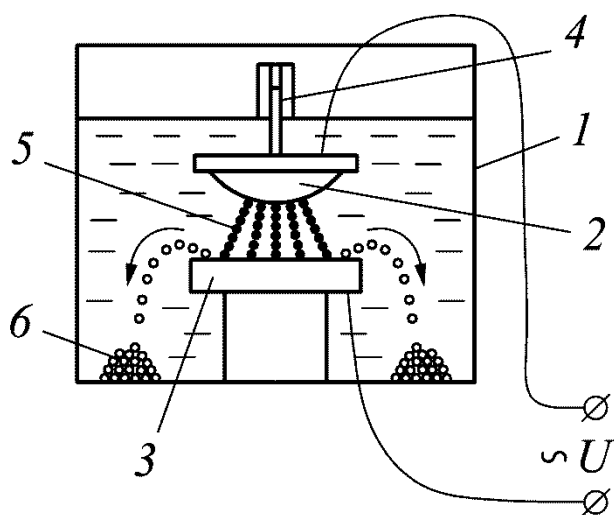


Рисунок 12 – Диэлектрический сепаратор ДСК:

1 – ванна (кювета); 2 – сферический электрод; 3 – плоский электрод; 4 – устройство для изменения положения по вертикали сферического электрода; 5 – минералы с $\epsilon_{m1} > \epsilon_c$; 6 – минералы с $\epsilon_{m2} < \epsilon_c$

Разделяемый материал помещается на плоский электрод 3 и вместе с ним опускается в кювету 1, заполненную жидким диэлектриком. Сверху устанавливается сферический электрод 2, положение которого по вертикали можно регулировать при помощи микрометрического винта 4, изменяя межэлектродное расстояние. При подаче переменного напряжения на электроды в межэлектродной зоне устанавливается неоднородное электрическое поле, максимальное в центре.

Минералы 5, имеющие $\epsilon_{m1} > \epsilon_c$ смещаются к центру электродной пары и образуют между электродами «цепочки».

Минералы 6, имеющие $\epsilon_{m2} < \epsilon_c$ выталкиваются в более слабые участки электрического поля, смещаются к периферии плоского электрода и падают с него (см. рисунок 12). По окончании сепарации вручную извлекают продукты разделения. Пондеромоторную силу увеличивают путём уменьшения зазора между электродами и увеличения рабочего напряжения.

Необходимые материалы и оборудование:

- смесь двух минералов с различными диэлектрическими проницаемостями (крупность $-0,2+0,02$ мм, 20-30 г), например кварц и магнетит;
- диэлектрический сепаратор ДСК;
- диэлектрические жидкости: керосин и бутиловый спирт или керосин и нитробензол;
- чашки для продуктов;
- электронные весы.

Методика проведения работы

1. Приготавливается диэлектрическая жидкость для осуществления разделения смеси магнетита и кварца.

Диэлектрическая проницаемость магнетита равна $\epsilon_{m1}=33,7-81$, диэлектрическая проницаемость кварца равна $\epsilon_{m2}=4,5-6$. Для разделения этих минералов необходимо приготовить жидкость с промежуточной диэлектрической проницаемостью, например $\epsilon_c=10-15$.

В качестве диэлектрической жидкости могут быть использованы чистые жидкости или смеси взаимно растворяющихся жидкостей, обладающих малой удельной электрической проводимостью (менее 10^{-8} См/м). Диэлектрическая проницаемость смеси двух жидкостей определяется по формуле:

$$\epsilon_c = (V_1 \cdot \epsilon_1 + V_2 \cdot \epsilon_2) / (V_1 + V_2), \quad (19)$$

где ϵ_c , ϵ_1 , ϵ_2 – диэлектрические проницаемости смеси двух жидкостей (среды разделения), первой жидкости (керосина, $\epsilon_1=2$), второй жидкости (нитробензола с $\epsilon_2=36$ или бутилового спирта с $\epsilon_2=17,8$), соответственно; V_1 , и V_2 – объемы первой и второй жидкостей.

Применение смесей керосин–бутиловый спирт или керосин–нитробензол позволяет иметь жидкость с диэлектрической проницаемостью в диапазонах 2,0–17,8 или 2,0–36,0.

Смешиваем 80 см³ керосина и 120 см³ бутилового спирта. По формуле (19) рассчитываем диэлектрическую проницаемость полученной жидкости: $\epsilon_c=11,48$.

2. При помощи гайки и контргайки, которые наворачиваются на шток верхнего (сферического) электрода, производится установка на ноль шкалы, показывающей расстояние между двумя электродами. При этом верхний сферический электрод должен касаться диска нижнего электрода. Поднимая верхний электрод, устанавливаем необхо-

димый зазор между верхним и нижним электродами (задаётся преподавателем, до 10 мм).

3. Снимается крышка сепаратора вместе с верхним электродом и ставится на специальную подставку, которая установлена на одной плите с сепаратором. Вынимается нижний электрод и на его центр специальной мерной ложечкой загружается сепарируемый материал, после чего электрод ставится на место.

4. В цилиндрическую ванну (кювету) сепаратора заливается диэлектрическая жидкость нужных свойств.

5. Крышка сепаратора вместе с верхним электродом устанавливается сверху на место.

6. На электроды подается высокое напряжение. Напряжение, подаваемое на электроды сепаратора, рекомендуется увеличивать до максимального значения постепенно. Это обеспечивает чистоту получаемых фракций. Частицы магнетита, имеющие большую диэлектрическую проницаемость, чем диэлектрическая проницаемость жидкости, остаются на диске нижнего электрода или образуют «столбики» между электродами. Частицы кварца, имеющие меньшую диэлектрическую проницаемость, чем у жидкости, выталкиваются с диска нижнего электрода и падают на дно ванны сепаратора, образуя «кольцо».

7. После окончания сепарации, что определяется визуально, высокое напряжение снимается, сепаратор выключается из питающей сети переменного тока ($U=220$ В) и разбирается. С нижнего электрода смывается в чашку первый продукт разделения. Ванна сепаратора вынимается из корпуса, жидкость из нее сливается и фильтруется, а оставшийся на дне второй продукт разделения переводится в другую чашку. Получаемые в результате сепарации продукты последовательно промываются, сушатся и взвешиваются.

Основные требования техники безопасности!

Включение в «сеть» сепаратора ДСК производится после визуальной проверки надежности заземления, наличия сухого диэлектрического коврика у сепаратора и отсутствия повреждений корпуса.

Напряжение на сепаратор подается только после того, как крышки ванны сепаратора будут закрыты. Высокое напряжение подается на прибор только во время работы, после выполнения всех подготовительных операций. Окончание процесса сепарации сопровождается немедленным выключением высокого напряжения. Заключительные операции ведутся при выключенных тумблерах

«Сеть» и «Высокое напряжение». Переключать пульт на выбранную шкалу высокого напряжения (0–1500 В или 0–3000 В) необходимо при выключенном «высоком напряжении». Перед включением тумблера «Высокое напряжение» необходимо убедиться, что ручка регулятора напряжения установлена на «ноль».

Обработка и интерпретация полученных экспериментальных результатов

По формуле (3) рассчитываются выходы магнетита и кварца. С помощью ручного магнита и дополнительно с помощью оптического микроскопа оценивается наличие магнетита в полученном кварцевом продукте и наличие кварца в магнетитовом продукте. Методика выделения сильномагнитных частиц из продуктов разделения с помощью ручного магнита приведена в лабораторной работе № 4. По экспериментальным данным делается вывод о «чистоте» полученных фракций магнетита и кварца.

Оформление отчёта

В отчёте приводятся цель работы, методика проведения работы, расчётные формулы и полученные по ним результаты, эскиз сепаратора (требования к эскизу приведены во ВВЕДЕНИИ) и выводы по работе.

Защита лабораторной работы № 10

Перечень необходимых знаний студента при защите приведён во ВВЕДЕНИИ. Дополнительно студент должен объяснить принцип действия используемого оборудования и полученные результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пелевин А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения. Магнитные методы обогащения: учебник. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. 296 с.
2. Пелевин А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения: учебное пособие. 3-е изд., испр. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. 159 с.
3. Кравец Б. Н., Эрдэнэцогт П., Пелевин А. Е. Специальные и комбинированные методы обогащения: учебно-научное издание. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. 314 с. (на русском и монгольском языках).

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕ- НИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Компьютерная верстка *автора*

Корректурa И. А. Крестьянинова

Подписано в печать .2019 г.

Бумага писчая. Формат бумаги 60 x 80 ¹/₁₆.

Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.

Печ. л. 3,19 Уч.-изд. л. 2,65 Тираж 80 экз. Заказ №

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.

Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ



**Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение выс-
шего профессионального образова-
ния
«Уральский государственный гор-
ный университет»**

А. Е. Пелевин

**МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения**

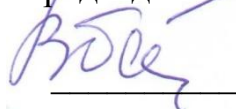
**Екатеринбург
2015**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического факультета
« 18 » сентября 2015 г.

Председатель комиссии

 проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

**МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Р е ц е н з е н т : *Ю. П. Морозов*, профессор кафедры ОПИ УГГУ

Практикум рассмотрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 08 сентября 2015 г. (протокол № 1) и рекомендован для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых: практикум / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. – 43 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой дисциплины «Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых» для проведения практических занятий в интерактивной форме по освоению теоретических и практических расчетов элементов технологических схем, определения свойств минералов и характеристик оборудования.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е	4
1. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ БАРАБАННОГО МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА	5
1.1. Связь между индукцией и напряжённостью магнитного поля в среде, вакууме, воздухе и в воде. Перевод из единиц СИ в СГСМ.....	5
1.2. Определение напряжённости (индукции) магнитного поля на поверхности барабана (ленты), коэффициента неоднородности магнитного поля и шага полюсов открытой многополюсной системы по экспериментальным измерениям с помощью тесламетра	7
2. РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ЧАСТИЦУ....	11
3. ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПРИ МАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ	13
3.1. Движение частиц в сухих сепараторах с верхней подачей	14
3.2. Движение частиц в сепараторах с нижней подачей.....	17
3.3. Движение частиц в электрических сепараторах	21
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ МИНЕРАЛОВ	27
4.1. Пондеромоторный метод Фарадея и метод Гюи.....	27
4.2. Расчёт магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды	30
5. РАСЧЁТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ	32
6. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ МАГНИТНОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОБОГАЩЕНИИ	35
6.1. Расчёт одной операции разделения	35
6.2. Расчёт показателей разделения в трёхпродуктовом сепараторе	37
6.3. Расчёт замкнутого цикла измельчения, включающего операцию магнитной сепарации	40
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью практических работ является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Магнитные и электрические процессы», и освоение инженерных расчётов для:

- определения требуемых основных характеристик магнитных сепараторов и выбора типа магнитного сепаратора для обогащения руды с известными магнитными характеристиками;
- определения магнитных свойств руды и разделяемых частиц;
- оценки влияния режимов работы сепараторов на процесс разделения частиц;
- расчёта производительности промышленных сепараторов;
- нахождения технологических показателей разделения в операциях схем обогащения.

Практические занятия направлены на подготовку студента к решению прикладных производственных задач.

Практические работы выполняются в интерактивной форме – индивидуально и бригадами из нескольких человек. При индивидуальном выполнении практической работы каждый студент выполняет свой вариант задания. При выполнении практической работы группой студентов каждой бригаде выдаётся свой вариант задания, направленный на определение влияния заданного фактора на изучаемую функцию. Каждый студент одной бригады выполняет индивидуальный расчёт при заданном значении факторов. По результатам расчёта студенты одной бригады делают практический вывод о влиянии заданного фактора на изучаемую функцию. Результаты группового расчёта представляются в табличной форме и графически.

Практические расчёты, выполненные в течение семестра, оформляются в единый индивидуальный отчёт, оформленный на листах формата А4. Отчёт включает задание (номер варианта), расчётные формулы с размерностью величин; формулы с подставленными значениями её составляющих; результаты расчёта, таблицы и графические зависимости, выводы. Расчёты выполняются с точностью до второго знака после запятой.

1. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ БАРАБАННОГО МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА

1.1. Связь между индукцией и напряжённостью магнитного поля в среде, вакууме, воздухе и в воде. Перевод из единиц СИ в СГСМ

Индукция и напряжённость магнитного поля в системе СИ измеряются соответственно в теслах (Тл) и в «амперах на метр» (А/м). На практике напряжённость магнитного поля сепаратора указывают в «килоамперах на метр» (кА/м). Индукция и напряжённость магнитного поля в системе СГСМ измеряются соответственно в гауссах (Гс) и в эрстедах (Э). Индукция магнитного поля связана с напряжённостью магнитного поля соотношением

$$B = \mu \mu_0 H, \quad (1.1)$$

где B и H – индукция и напряжённость магнитного поля, Тл и А/м соответственно; μ – магнитная проницаемость среды (относительная); μ_0 – магнитная проницаемость вакуума или магнитная постоянная, Гн/м.

Магнитная постоянная μ_0 в системе СИ равна $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, в системе СГСМ – единице.

Магнитная проницаемость (относительная) вакуума, воздуха и воды соответственно равна 1,0; 1,00000037 и 0,999991. Поэтому в вакууме, воздухе и в воде (принимая $\mu=1$) индукция и напряжённость магнитного поля будут связаны соотношением

$$B = \mu_0 H. \quad (1.2)$$

Величина μ_0 является константой и служит для перехода от единиц измерения напряженности магнитного поля к единицам измерения индукции магнитного поля в вакууме, в воздухе, в воде и в других средах с $\mu \sim 1$. Поэтому в вакууме и в других средах, не обладающих магнитными свойствами, как напряжённость, так и индукцию магнитного поля можно использовать в качестве количественной характеристики магнитного поля. Эти величины будут иметь одинаковый физический смысл, и связь между их единицами измерения будет прямой. Для барабанных магнитных сепараторов можно использовать как индукцию, так и напряжённость магнитного поля в зоне разделения сепаратора (в Тл или в кА/м). На промышленных предприятиях иногда используют единицы СГСМ – эрстеды или гауссы (редко). Для перехода от значений напряжённости к индукции

и наоборот следует пользоваться формулой (1.2).

Соотношение между единицами напряжённости магнитного поля в системах СИ и СГСМ следующее: $1 \text{ А/м} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ Э} \approx (1/80) \text{ Э}$.

Соотношение между единицами индукции магнитного поля в системах СИ и СГСМ следующее: $1 \text{ Тл} = 10^4 \text{ Гс}$.

Если зона разделения сепаратора заполнена ферромагнитной средой, что характерно для высокоградиентных и феррогидростатических сепараторов, то в качестве силовой характеристики магнитного поля следует использовать индукцию магнитного поля.

Задача № 1.1

В паспорте барабанного сепаратора, в котором осуществляется разделение в воздушной среде ($\mu \sim 1$), приведена максимальная индукция магнитного поля на поверхности барабана, равная 0,25 Тл.

Перевести 0,25 Тл в Гс, кА/м и Э. Выполнить обратный переход от кА/м и Э к Тл и Гс.

Решение

$$0,25 \text{ Тл} \cdot 10^4 = 2500 \text{ Гс} = 2500 \text{ Э};$$

$$0,25 \text{ Тл} / (4\pi \cdot 10^{-7}) = 0,25 \text{ Тл} \cdot 800000 = 200000 \text{ А/м} = 200 \text{ кА/м};$$

$$200000 \text{ А/м} \cdot (4\pi \cdot 10^{-3}) = 200000 \text{ А/м} / 80 = 2500 \text{ Э}.$$

Решение (обратный переход)

$$2500 \text{ Э} / (4\pi \cdot 10^{-3}) = 2500 \text{ Э} \cdot 80 = 200000 \text{ А/м} = 200 \text{ кА/м};$$

$$200 \text{ кА/м} = 200000 \text{ А/м} = 200000 \cdot (4\pi \cdot 10^{-7}) = 200000 / 800000 = 0,25 \text{ Тл}; 2500 \text{ Гс} = 2500 \text{ Э} = 0,25 \text{ Тл} / 10^4. \text{ Номер}$$

Задания и варианты приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Задания и варианты для задачи № 1.1

Перевести значение индукции магнитного поля из Тл в Гс и в значение напряжённости магнитного поля (в кА/м и Э)				Перевести значение напряжённости магнитного поля из Э в кА/м и в значение индукции магнитного поля (в Тл и Гс)			
Номер варианта	B , Тл	Номер варианта	B , Тл	Номер варианта	H , кА/м	Номер варианта	H , кА/м
1	0,1	11	1,1	21	80	31	880
2	0,2	12	1,2	22	160	32	960
3	0,3	13	1,3	23	240	33	1040
4	0,4	14	1,4	24	320	34	1120
5	0,5	15	1,5	25	400	35	1200
6	0,6	16	1,6	26	480	36	1280
7	0,7	17	1,7	27	560	37	1360
8	0,8	18	1,8	28	640	38	1440
9	0,9	19	1,9	29	720	39	1520
10	1,0	20	2,0	30	800	40	1600

1.2. Определение напряжённости (индукции) магнитного поля на поверхности барабана (ленты), коэффициента неоднородности магнитного поля и шага полюсов открытой многополюсной системы по экспериментальным измерениям с помощью тесламетра

Индукция и напряженность магнитного поля – силовые характеристики магнитного поля, поэтому они являются основной паспортной характеристикой магнитного сепаратора. Чем выше индукция или напряженность магнитного поля, тем с большей силой частица будет притягиваться к магнитной системе сепаратора.

Индукцию или напряженность магнитного поля определяют с помощью измерительного прибора, называемого тесламетр. Для барабанного сепаратора ($\mu \sim 1$) измерения выполняют на поверхности барабана (над серединой полюса) и на различном расстоянии (3-5 значений) с помощью щупа с датчиком Холла. Обычно в качестве максимального расстояния принимают расстояние от поверхности барабана до дна ванны (глубину ванны) для мокрых сепараторов ПБМ или максимальную высоту слоя исходного материала для сухих сепараторов ПБС.

Изменение индукции магнитного поля по нормали к поверхности барабана (полюсов) определяется равенством

$$B_{\Delta} = B_0 e^{-c\Delta}, \quad (1.3)$$

где B_{Δ} – индукция на расстоянии Δ от барабана (полюса), Тл; B_0 – напряженность на поверхности барабана ($\Delta=0$), Тл; c – коэффициент неоднородности магнитного поля, m^{-1} .

При расположении полюсов по цилиндрической поверхности (барабан) коэффициент неоднородности поля

$$c = \pi/S + 1/R, \quad (1.4)$$

где S – шаг полюсов многополюсной магнитной системы, м; R – радиус цилиндрической поверхности, м.

При расположении полюсов в плоскости ($R \rightarrow \infty$) коэффициент неоднородности поля

$$c = \pi/S. \quad (1.5)$$

Формула (1.3) и формулы (1.4) и (1.5), связывающие коэффициент неоднородности магнитного поля и шаг полюсов, являются приближительными, и их можно использовать для электромагнитных систем и систем из ферритбариевых постоянных магнитов.

Задача № 1.2

Для сепаратора ПБМ-П-90/250 выполнены измерения индукции магнитного поля:

Расстояние, мм:	0	15	30	50
Индукция, Тл:	0,16	0,11	0,08	0,05

Построить зависимость, характеризующую уменьшение индукции магнитного поля при удалении от поверхности барабана сепаратора. Рассчитать:

- теоретическое значение индукции на поверхности футерованного барабана (толщина футеровки 5 мм) и на дне ванны;
- коэффициент неоднородности магнитного поля;
- шаг полюсов многополюсной магнитной системы.

При решении использовать миллиметры в качестве единиц длины.

Решение

Графическая экспериментальная зависимость (1.3) с теоретическим уравнением приведена на рис. 1.2.

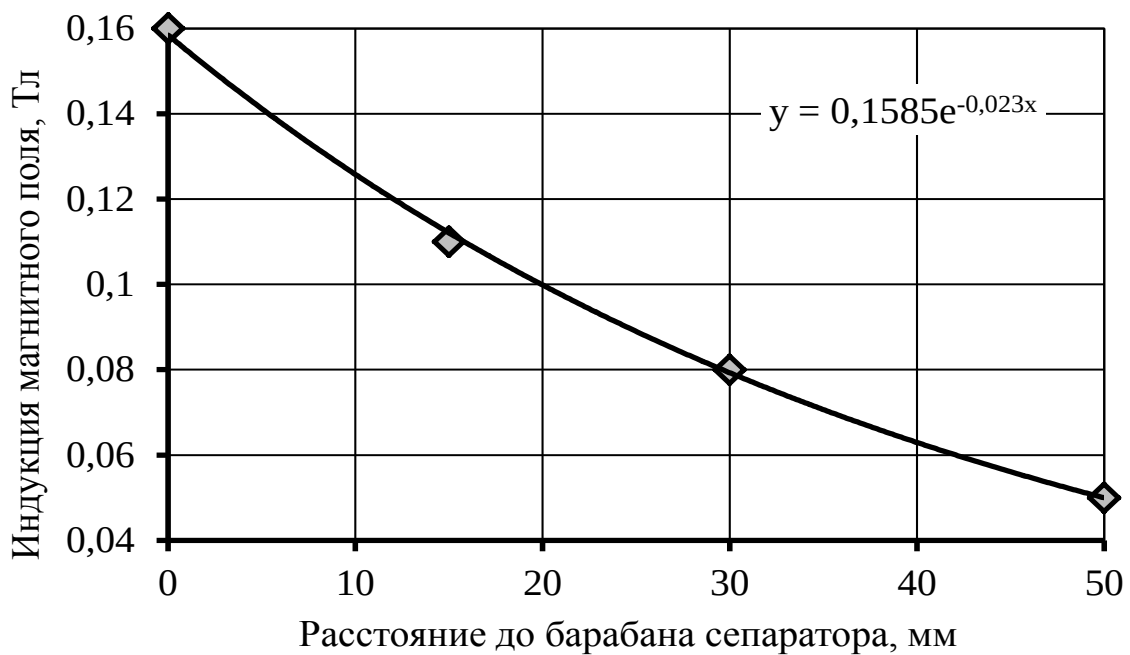


Рис.1.2. Зависимость индукции магнитного поля от расстояния до поверхности барабана сепаратора

Для нахождения величин B_0 и c необходимо выполнить линеаризацию уравнения (1.3) и воспользоваться методом наименьших квадратов. Для линеаризации уравнения (1.3) необходимо взять натуральный логарифм правой и левой частей

$$\ln(B_{\Delta}) = \ln(B_0) - c\Delta.$$

Используя метод наименьших квадратов, запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N \ln(B_{\Delta_i}) = \ln(B_0)N - c \sum_{i=1}^N \Delta_i; \\ \sum_{i=1}^N \ln(B_{\Delta_i}) \Delta_i = \ln(B_0) \sum_{i=1}^N \Delta_i - c \sum_{i=1}^N \Delta_i^2, \end{cases}$$

где i и N – номер и количество экспериментальных данных ($N=4$ в задаче № 1.2).

Решением системы уравнений будут являться неизвестные коэффициенты $\ln(B_0)$ и c . Для нахождения $\ln(B_0)$ и c рассчитываем необходимые суммы:

$$\sum \Delta_i = 95; \sum \Delta_i^2 = 3625; \sum (\ln(B_{\Delta_i})) = -9,56; \sum (\ln(B_{\Delta_i}) \cdot \Delta_i) = -258,67.$$

Коэффициент неоднородности магнитного поля $c = 0,023 \text{ мм}^{-1}$. Величина $\ln(B_0) = -1,84$. Для нахождения B_0 число « e » возводим в степень $\ln(B_0)$ и получаем $B_0 = 0,1585 \text{ Тл}$.

По уравнению (1.3) и найденным значениям c и B_0 строим тео-

ретическую зависимость (см. рис. 1.1).

Используя формулу (1.4), находим шаг полюсов (при $R=450$ мм для сепаратора ПБМ-П-90/250): $S=151$ мм.

Теоретическое значение индукции на поверхности футеровки барабана с толщиной 5 мм и на дне ванны (50 мм) рассчитываем по уравнению (1.3) при найденных значениях B_0 , c и величин $x=5$ мм и $x=50$ мм. Получаем $B_5=0,14$ Тл и $B_{50}=0,05$ Тл.

Задание для задачи № 1.2

Варианты задачи № 1.2 приведены в табл. 1.2.

Задача № 1.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет: построение зависимости, характеризующей уменьшение индукции магнитного поля при удалении от поверхности барабана сепаратора (см. рис. 1.1); расчёт величин B_0 , c ; построение теоретической зависимости; расчёт шага полюсов магнитной системы; расчёт индукции магнитного поля на поверхности футеровки барабана с толщиной 5 мм и на дне ванны.

Каждая бригада строит зависимость индукции магнитного поля на дне ванны сепаратора от шага полюсов магнитной системы и делает вывод по полученной зависимости.

Таблица 1.2

Варианты для задачи № 1.2

Номер варианта	Расстояние Δ, мм				Номер варианта	Расстояние Δ, мм			
	0	15	30	50		0	30	60	100
	Индукция, Тл					Индукция, Тл			

1	0,16	0,07	0,04	0,01	16	0,16	0,07	0,04	0,01
2	0,16	0,08	0,05	0,02	17	0,16	0,08	0,05	0,02
3	0,16	0,09	0,06	0,03	18	0,16	0,09	0,06	0,03
4	0,16	0,10	0,07	0,04	19	0,16	0,10	0,07	0,04
5	0,16	0,11	0,08	0,05	20	0,16	0,11	0,08	0,05
6	0,18	0,09	0,06	0,03	21	0,18	0,09	0,06	0,03
7	0,18	0,10	0,07	0,04	22	0,18	0,10	0,07	0,04
8	0,18	0,11	0,08	0,05	23	0,18	0,11	0,08	0,05
9	0,18	0,12	0,09	0,06	24	0,18	0,12	0,09	0,06
10	0,18	0,13	0,1	0,07	25	0,18	0,13	0,1	0,07
11	0,20	0,09	0,03	0,01	26	0,20	0,09	0,03	0,01
12	0,20	0,10	0,06	0,02	27	0,20	0,10	0,06	0,02
13	0,20	0,11	0,07	0,03	28	0,20	0,11	0,07	0,03
14	0,20	0,12	0,08	0,04	29	0,20	0,12	0,08	0,04
15	0,20	0,13	0,09	0,05	30	0,20	0,13	0,09	0,05

2. РАСЧЁТ МАГНИТНОЙ СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ЧАСТИЦУ

Удельная магнитная сила (отнесённая к единице массы), действующая на частицу кубической формы с размером d , находящейся на расстоянии Δ от поверхности полюса, Н/кг:

$$f_m = \frac{F_m}{m} = \frac{a\mu_0\chi H_0^2}{2d} e^{-2c\Delta} (1 - e^{-2cd}), \quad (2.1)$$

где F_m – магнитная сила, Н; m – масса частицы, кг; a – поправочный коэффициент, зависящий от крупности (высоты) частицы: $a=1,1$ (при $d<5$ мм), $a=1,5$ (при $d=5-25$ мм), $a=2$ (при $d>25$ мм); d – высота (размер) частицы, м; μ_0 – магнитная проницаемость вакуума или магнитная постоянная, Гн/м; $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$; χ – удельная магнитная восприимчивость частицы, м³/кг; H_0 – напряжённость магнитного поля на рабочей поверхности магнитной системы, А/м; c – коэффициент неоднородности магнитного поля, м⁻¹; Δ – расстояние от рабочей поверхности магнитной системы до частицы, мм.

Задача № 2

Частица с размером $d=30$ мм и с удельной восприимчивостью $\chi=4\cdot 10^{-4}$ м³/кг находится на неподвижном конвейере под подвесным железоотделителем с плоской многополюсной системой. Расстояние L между лентой конвейера и рабочей поверхностью магнитной системы равно 0,15 м. Напряжённость магнитного поля на рабочей по-

верхности магнитной системы равна 160 кА/м. Шаг полюсов магнитной системы железоотделителя равен 0,25 м.

Рассчитать удельную магнитную силу, действующую на частицу по формуле (2.1). Вывести формулу для расчёта удельной магнитной силы с помощью индукции магнитного поля. Рассчитать удельную магнитную силу по полученной формуле и сравнить результаты.

Сделать вывод: притянется ли частица к магнитной системе железоотделителя? Принять, что на частицу значительно действуют сила тяжести и магнитная сила.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формуле (1.5) рассчитываем коэффициент неоднородности магнитного поля, $c=12,57 \text{ м}^{-1}$. Расстояние $\Delta=L-d=0,15-0,03=0,12 \text{ м}$ от рабочей поверхности магнитной системы до частицы находится путём вычитания из расстояния между лентой конвейера и рабочей поверхностью магнитной системы значения высоты (размера) частицы d . По формуле (2.1) находим значение удельной магнитной силы, действующей на частицу, $f_m(H)=11,13 \text{ Н/кг}$.

Используя формулы (1.2) и (2.1), выводим формулу для расчёта удельной магнитной силы с помощью индукции магнитного поля. Переводим заданное значение напряжённости в индукцию магнитного поля: $160 \text{ кА/м}=0,2 \text{ Тл}$. Рассчитываем удельную магнитную силу ($f_m(B)=11,13 \text{ Н/кг}$) и сравниваем результаты: $f_m(H)=f_m(B)$.

Сравниваем удельную магнитную силу и ускорение свободного падения – если $f_m > g$, то частица притянется к магнитной системе железоотделителя, если $f_m < g$, то частица останется на ленте конвейера. Такое сравнение допустимо, так как размерности Н/кг и м/с^2 эквивалентны.

Задание для задачи № 2

Варианты задачи № 2 приведены в табл. 2.1.

Задача № 2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – вариант).

Таблица 2.1

Варианты для задачи № 2

Номер вари- анта	$\chi \cdot 10^{-4}$, м ³ /кг	H_0 , кА/м	d , мм	S , м	L , мм	Номер вари- анта	$\chi \cdot 10^{-4}$, м ³ /кг	H_0 , кА/м	d , мм	S , м	L , мм
1	2	160	30	0,25	0,15	16	0,7	160	30	0,25	0,1
2	3	160	30	0,25	0,15	17	0,9	160	30	0,25	0,1
3	4	160	30	0,25	0,15	18	1,1	160	30	0,25	0,1
4	5	160	30	0,25	0,15	19	1,3	160	30	0,25	0,1
5	6	160	30	0,25	0,15	20	1,5	160	30	0,25	0,1
6	1	200	30	0,25	0,15	21	0,4	200	30	0,25	0,1
7	2	200	30	0,25	0,15	22	0,6	200	30	0,25	0,1
8	3	200	30	0,25	0,15	23	0,8	200	30	0,25	0,1
9	4	200	30	0,25	0,15	24	1,0	200	30	0,25	0,1
10	5	200	30	0,25	0,15	25	1,2	200	30	0,25	0,1
11	0,5	240	30	0,25	0,15	26	0,1	240	30	0,25	0,1
12	1	240	30	0,25	0,15	27	0,3	240	30	0,25	0,1
13	2	240	30	0,25	0,15	28	0,5	240	30	0,25	0,1
14	3	240	30	0,25	0,15	29	0,7	240	30	0,25	0,1
15	4	240	30	0,25	0,15	30	0,9	240	30	0,25	0,1

Каждый студент выполняет расчёт удельной магнитной силы, действующей на частицу с заданными значениями d и χ , используя величины напряжённости и индукции магнитного поля (результаты должны быть равными), и делает вывод о притяжении (непритяжении) частицы к магнитной системе железоотделителя.

Каждая бригада строит зависимость удельной магнитной силы от величины χ и делает вывод по полученной зависимости. На этом же графике строится горизонтальная линия, соответствующая величине ускорения свободного падения. Найти абсциссу точки пересечения двух линий, равную граничному значению удельной магнитной восприимчивости $\chi_{гр}$. Сделать вывод, как будут взаимодействовать с магнитным полем частицы, имеющие $\chi > \chi_{гр}$ и $\chi < \chi_{гр}$.

3. ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ПРИ МАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ

3.1. Движение частиц в сухих сепараторах с верхней подачей

В магнитных сепараторах с верхней подачей материала частицы руды подаются на барабан или валок и транспортируются им в зону разделения. В зависимости от суммарного действия на частицу магнитной и механической сил частица оторвется от барабана при определенном угле его поворота. Если магнитная сила, действующая на частицу, превышает результирующую механических сил, то частица попадёт в магнитный продукт. Если магнитная сила, действующая на частицу, меньше суммарных механических сил, то частица попадёт в немагнитный продукт.

При движении частицы через рабочую зону сепаратора с верхней подачей на частицу будут действовать силы: магнитная, сила тяжести, центробежная, сила трения (рис. 3.1).

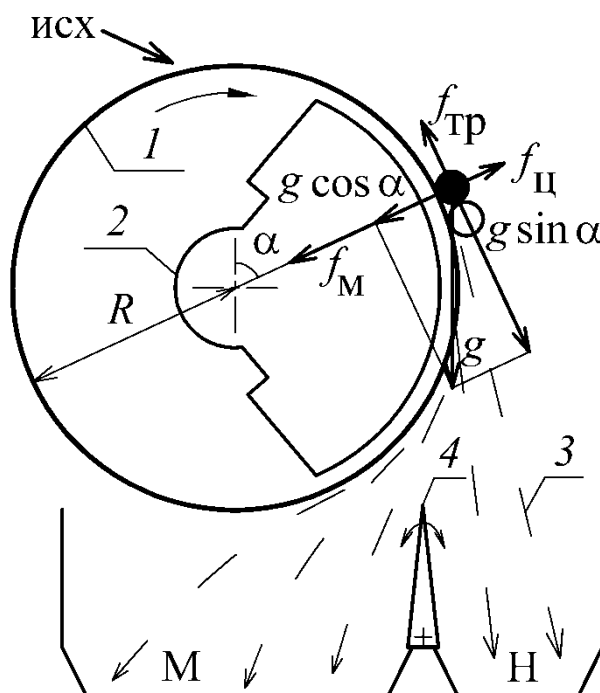


Рис. 3.1. Схема сил, действующих на частицы в магнитном сепараторе с верхней подачей материала:

1 – барабан; 2 – магнитная система; 3 – траектории движения частиц; 4 – шибер

При движении единичной частицы условие попадания частицы в магнитный продукт выглядит следующим образом [1]:

$$f_M \geq f_{ц} - g \cos \alpha + g \sin \alpha / \operatorname{tg} \varphi = f_{ц} + g \sin(\alpha - \varphi) / \sin \varphi, \quad (3.1)$$

где f_M и $f_{ц}$ – удельные магнитная и центробежная силы Н/кг; g – ускорение свободного падения $9,81 \text{ м/с}^2$; $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент трения; α – угол поворота барабана (угол положения частицы на барабане), град.

Удельная центробежная сила, возникающая при движении частицы по криволинейной траектории при $d/R > 0,05$ равна

$$f_{ц} = v^2(R + 0,5d)^2 / R^3, \quad (3.2)$$

где v – линейная скорость вращения барабана сепаратора, м/с; R – радиус барабана, м.

Условие (3.1) справедливо для движения единичной частицы с вращающимся барабаном сепаратора. В том случае, когда в обогащаемой руде содержатся магнитные частицы, сильно притянутые к барабану, они не позволяют менее богатым кускам руды смещаться по поверхности барабана (скользить) под влиянием тангенциальной составляющей силы тяжести $g \sin \alpha$. Кроме того, если сильномагнитная частица находится перед немагнитной частицей, то возникнет добавочная сила трения (трение между частицами), которая будет способствовать отрыву немагнитной частицы при большем угле поворота барабана. Поэтому величину удельной магнитной силы, необходимой для извлечения магнитных частиц, можно уменьшить на коэффициент $(1 + \alpha_m)$. Удельная магнитная сила, необходимая для извлечения граничной магнитной частицы при монослойном движении материала [1]:

$$f_m \geq (f_{ц} - g \cos \alpha) / (1 + \alpha_m), \quad (3.3)$$

где α_m – содержание сильномагнитных частиц в исходной руде, д. ед.

При расчёте магнитной силы необходимо знать коэффициент неоднородности магнитного поля c или шаг S полюсов многополюсной магнитной системы. Величину оптимального шага полюсов, обеспечивающего максимальную магнитную силу, действующую на максимальный размер куска, можно определить следующим образом. Возьмём частную производную формулы (2.1) по c и приравняем её к нулю. Из полученного равенства выразим c :

$$c = \ln[(\Delta + d) / \Delta] / 2d. \quad (3.4)$$

Используя уравнения (1.4) и (3.4), найдём S :

$$S = \frac{2\pi d R}{R \ln(1 + d / \Delta) - 2d}. \quad (3.5)$$

Используя равенство (3.3), можно определить параметры и режимы работы магнитного сепаратора, при которых частицы с заданными магнитными свойствами попадут в магнитный продукт при заданном угле поворота барабана. К характеристикам магнитного сепаратора, которые можно определить из условия (3.3), относятся:

напряженность (индукция) магнитного поля на поверхности полюса H_0 , полюсный шаг S , расстояние от поверхности полюса до частицы Δ , скорость вращения барабана ν и его радиус R . Определение характеристик сепаратора необходимо проводить для частиц заданной крупности (максимальной).

Задача № 3.1

Частицы с размером (с высотой) $d=30$ мм движутся по барабану сепаратора ПБС-90/150 (см. рис. 3.1). Расстояние Δ между частицами и рабочей поверхностью магнитной системы $\Delta=10$ мм. Содержание сильномагнитных частиц в исходной руде $\alpha_m=0,1$ д. ед. Линейная скорость вращения барабана сепаратора $\nu=1,2$ м/с. Принять, что на частицу значительно действуют магнитная и центробежная силы и сила тяжести. Необходимо обеспечить попадание в магнитный продукт частиц с удельной магнитной восприимчивостью $\chi_{гр} \geq 0,1 \cdot 10^{-4}$ м³/кг при угле поворота барабана $\alpha=120^\circ$.

Определить основные параметры магнитной системы барабанного сепаратора ПБС с верхней подачей – H_0 и S . Определить напряжённость магнитного поля H_{10} на рабочей поверхности барабана при $\Delta=10$ мм.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формулам (3.4) и (3.5) рассчитываем оптимальный коэффициент неоднородности магнитного поля и оптимальный шаг полюсов: $c=23,1$ м⁻¹ и $S=0,15$ м. По формуле (3.3) рассчитываем удельную центробежную силу $f_{ц}=3,42$ Н/кг.

Подставляем в выражение (3.3) вместо f_m формулу (2.1) и выводим формулу для расчёта напряжённости магнитного поля на поверхности магнитной системы. Далее выполняем расчёт: $H_0=195,51$ кА/м. Напряжённость магнитного поля H_{10} на рабочей поверхности барабана при $\Delta=x=10$ мм рассчитываем по формуле (1.3), используя вместо индукции напряжённость магнитного поля – $H_{10}=155,18$ кА/м.

Задание для задачи № 3.1

Варианты задачи № 3.1 приведены в табл. 3.1.

Задача № 3.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – вариант).

Таблица 3.1

Варианты для задачи № 3.1
($\Delta=10$ мм, $\alpha_m=0,1$ д. ед., $\alpha=120^\circ$)

Номер вари- анта	d , мм	$\chi \cdot 10^{-4}$, м ³ /кг	R , м	v , м/с	Номер вари- анта	d , мм	$\chi \cdot 10^{-4}$, м ³ /кг	R , м	v , м/с
1	30	0,1	0,45	1,0	16	30	0,1	0,45	1,2
2	30	0,1	0,45	1,1	17	40	0,1	0,45	1,2
3	30	0,1	0,45	1,2	18	50	0,1	0,45	1,2
4	30	0,1	0,45	1,3	19	60	0,1	0,45	1,2
5	30	0,1	0,45	1,5	20	70	0,1	0,45	1,2
6	30	0,1	0,35	1,2	21	50	0,1	0,45	1,2
7	30	0,1	0,40	1,2	22	50	0,2	0,45	1,2
8	30	0,1	0,45	1,2	23	50	0,3	0,45	1,2
9	30	0,1	0,50	1,2	24	50	0,4	0,45	1,2
10	30	0,1	0,55	1,2	25	50	0,5	0,45	1,2
11	30	0,1	0,45	1,2	26	70	0,1	0,35	1,5
12	30	0,2	0,45	1,2	27	70	0,1	0,45	1,5
13	30	0,3	0,45	1,2	28	70	0,1	0,55	1,5
14	30	0,4	0,45	1,2	29	70	0,1	0,65	1,5
15	30	0,5	0,45	1,2	30	70	0,1	0,75	1,5

Каждый студент выполняет расчёт основных параметров магнитной системы барабанного сепаратора ПБС с верхней подачей – H_0 , H_{10} и S , используя заданные величины.

Каждая бригада строит зависимость напряжённости магнитного поля H_{10} на рабочей поверхности барабана от варьируемой величины и делает вывод по полученной зависимости.

3.2. Движение частиц в сепараторах с нижней подачей

В магнитных сепараторах с нижней подачей материала частицы материала подаются под барабан сепаратора. При сепарации необходимо добиться, чтобы магнитные частицы, пройдя в горизонтальном направлении путь длиной L , равный длине ванны сепаратора (длине рабочей зоны), успели сместиться в вертикальном направлении на расстояние h , равное высоте рабочей зоны (глубине ванны) (рис. 3.2). При выполнении данного условия магнитные частицы извлекаются из общего потока материала, притянутся к магнитной системе и вынесутся барабаном в зону разгрузки. При расчете траектории рассматривается граничная частица, находящаяся на дне ванны сепаратора, поскольку если эта частица успеет пройти в вертикальном направлении путь h , находясь в рабочей зоне сепаратора, то все другие частицы с $\chi > \chi_{гр}$ успеют извлекаться из потока материала независимо от их

начального положения при входе в ванну сепаратора (по высоте) [3].

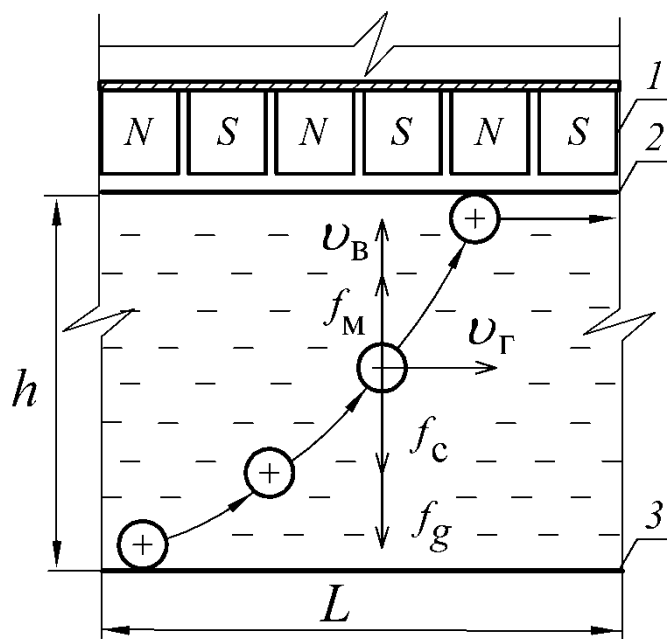


Рис. 3.2. Схема сил, действующих на частицы в мокром магнитном сепараторе с нижней подачей материала:

1 – магнитная система; 2 – обечайка барабана; 3 – дно ванны сепаратора

При мокрой магнитной сепарации (ММС) и при нижней подаче материала частицы обычно перемещаются по криволинейной траектории, вдоль поверхности барабана или вала. При этом силы, действующие в нормальном к поверхности барабана направлении, будут изменяться. Нормальная составляющая силы тяжести будет зависеть от угла положения частицы α относительно оси барабана. Магнитная и центробежная силы будут зависеть от расстояния Δ от частицы до обечайки барабана. При снижении расстояния Δ (при движении частицы вверх) магнитная и центробежная силы будут возрастать.

Учёт изменения магнитной и центробежной сил и силы тяжести в процессе движения частицы вверх не позволяет получить аналитическое решение и требует применения численных методов решения дифференциальных уравнений на ЭВМ. Поэтому для упрощения расчётов условно примем сечение ванны в виде прямоугольника, а значение магнитной силы постоянным при $\Delta=h$ (см. рис. 3.2). За начало координат принимается нижняя точка ванны сепаратора в месте начала рабочей зоны, направление оси абсцисс – слева направо (от 0 до L), направление оси ординат – снизу вверх (от 0 до h).

При таком упрощении в вертикальном направлении на частицу действуют силы: тяжести, магнитная и вязкостного сопротивления. Центробежная сила будет равна нулю.

В установившемся режиме частица движется в горизонтальном направлении со скоростью пульпы (v_r). На этом основании можно считать, что скорость частицы относительно скорости пульпы равна нулю, и все силы, действующие по горизонтали, скомпенсированы. Следовательно, в горизонтальном направлении частица не испытывает воздействия сил и движется равномерно со скоростью пульпы v_r .

Удельная сила тяжести, уменьшенная на величину силы Архимеда, вычисляется по формуле

$$f_g = g(\rho - \rho_c)/\rho, \quad (3.6)$$

где ρ , ρ_c – плотность соответственно частицы и воды, кг/м^3 ; g – ускорение силы тяжести, м/с^2 .

В противоположном направлении на частицу действует удельная магнитная сила, которая вычисляется по формуле (2.1). При движении частицы с $\chi > \chi_{\text{гр}}$ от дна ванны к обечайке барабана удельная магнитная сила увеличивается при уменьшении Δ . Для упрощения расчётов примем величину Δ постоянной, равной глубине ванны h .

При перемещении частицы в пульпе возникает сила вязкостного сопротивления (сила сопротивления среды), зависящая от вертикальной составляющей скорости перемещения частицы и направленная против этой скорости. Для частиц крупностью менее 0,1 мм удельная сила сопротивления изменяется по закону Стокса:

$$f_c = 18\mu v_v / (\rho d^2), \quad (3.7)$$

где μ – коэффициент динамической вязкости (для воды $\mu = 10^{-3} \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$); d – диаметр частицы, м; v_v – вертикальная составляющая скорости частицы, м/с.

Удельная сила вязкостного сопротивления направлена противоположно равнодействующей сил f_m и f_g . При увеличении содержания твердого в пульпе увеличивается её кажущаяся вязкость и плотность и, следовательно, сила сопротивления среды. С некоторым допущением силу сопротивления будем рассчитывать по формуле (3.7) при значении μ для воды.

В начальный момент времени при поступлении частицы в рабочую зону сепаратора сила сопротивления будет равна нулю ($v_v = 0$). Частица начнет движение в вертикальном направлении (к барабану сепаратора) при $f_m > f_g$. Уравнение движения частицы в вертикальном направлении запишется следующим образом:

$$d\nu_B/dt = f_m - f_g - f_c. \quad (3.8)$$

Заменим $f_m - f_g$ на a и $18\mu/(\rho d^2)$ на b . После преобразований и подстановки уравнение движения частицы в вертикальном направлении представляет собой линейное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$dt = d\nu_B / (a - b\nu_B).$$

Решение дифференциального уравнения дает формулу для расчета перемещения частицы в вертикальном направлении:

$$y_t = \frac{a}{b} \left(t + \frac{e^{-tb}}{b} \right) - \frac{a}{b^2}, \quad (3.9)$$

где y_t – текущая координата частицы, м.

Примем, что в вертикальном направлении частица прошла путь $y_t = h$. Для притяжения частицы к барабану сепаратора необходимо, чтобы частица в горизонтальном направлении за то же время t прошла путь, меньший или равный L . Время, за которое частица пройдет путь L :

$$t = L / \nu_r. \quad (3.10)$$

Подставим в формулу (3.9) вместо y_t величину h , вместо t зависимость (3.10), а вместо a – разность $f_m - f_g$ и выразим значение магнитной силы:

$$f_m \geq f_g + h / \left[\frac{1}{b} \left(\frac{L}{\nu_r} + \frac{e^{-\frac{L}{\nu_r} b}}{b} - \frac{1}{b} \right) \right], \quad (3.11)$$

где b – коэффициент, равный $18\mu/(\rho d^2)$, c^{-1} .

Величина f_m , рассчитанная по формуле (3.11), будет характеризовать магнитную силу, при которой в магнитный продукт попадут частицы с $\chi \geq \chi_{гр}$, а частицы с $\chi < \chi_{гр}$ попадут в немагнитный продукт.

Задача № 3.2

Частица с размером $d=0,07$ мм движется в ванне сепаратора ПБМ-ПП-90/250 (см. рис. 3.2). Расстояние Δ между частицей и поверхностью барабана (глубина ванны) $\Delta=h=50$ мм. Поправочный коэффициент, связанный с флокулообразованием тонких частиц, принять $a=2$. Шаг полюсов (по поверхности барабана) $S=0,15$ м. Напряжённость магнитного поля на поверхности барабана $H_0=128$ кА/м.

Длина рабочей зоны ванны $L=0,6$ м. Плотность частиц $\rho=4500$ кг/м³. Скорость пульпы (частиц) в горизонтальном направлении $v_r = 0,5$ м/с.

Определить величину минимального значения удельной магнитной восприимчивости частицы ($\chi_{гр}$), при которой частица попадёт в магнитный продукт.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формуле (3.6) рассчитываем удельную силу тяжести $f_g=7,63$ Н/кг. Рассчитываем коэффициент $b=18\mu/(\rho d^2)=818,33$ с⁻¹. По формуле (3.11) рассчитываем минимальное значение удельной магнитной силы, необходимой для извлечения частицы в магнитный продукт: $f_m=41,68$ Н/кг. По формуле (1.4) рассчитываем коэффициент неоднородности поля: $c=23,17$ м⁻¹.

Используя формулу (2.1), выводим формулу для расчёта минимального значения удельной магнитной восприимчивости частицы, при которой частица попадёт в магнитный продукт, и выполняем расчёт: $\chi_{гр}=0,00044=4,4 \cdot 10^{-4}$ м³/кг.

Задание для задачи № 3.2

Варианты задачи № 3.2 приведены в табл. 3.2.

Задача № 3.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт минимального значения удельной магнитной восприимчивости частицы, при которой частица попадёт в магнитный продукт, используя заданные величины.

Каждая бригада строит зависимость минимального значения удельной магнитной восприимчивости извлекаемой частицы $\chi_{гр}$ от варьируемой величины и делает вывод по полученной зависимости.

3.3. Движение частиц в электрических сепараторах

При электрической сепарации (ЭС) на частицы действуют электрические силы. Точный расчёт электрических сил затруднителен, что связано с приблизительной оценкой показателей электрического поля, сложностью оценки электрических свойств частиц (прежде всего сродков) и величины зарядов, получаемых частицами.

Таблица 3.2

Варианты для задачи № 3.2

($\Delta=50$ мм; $a=1,5$; $S=0,15$ м; $R=0,45$ м; $L=0,6$ м; $\rho=4500$ кг/м³)

Номер варианта	d , мм	H_0 , кА/м	ν , м/с	Номер варианта	d , мм	H_0 , кА/м	ν , м/с
1	0,02	128	0,5	16	0,02	200	0,5
2	0,04	128	0,5	17	0,04	200	0,5
3	0,06	128	0,5	18	0,06	200	0,5
4	0,08	128	0,5	19	0,08	200	0,5
5	0,10	128	0,5	20	0,10	200	0,5
6	0,10	96	0,5	21	0,07	96	0,5
7	0,10	112	0,5	22	0,07	112	0,5
8	0,10	128	0,5	23	0,07	128	0,5
9	0,10	160	0,5	24	0,07	160	0,5
10	0,10	200	0,5	25	0,07	200	0,5
11	0,10	128	0,1	26	0,10	200	0,1
12	0,10	128	0,3	27	0,10	200	0,3
13	0,10	128	0,5	28	0,10	200	0,5
14	0,10	128	0,7	29	0,10	200	0,7
15	0,10	128	0,9	30	0,10	200	0,9

Рассмотрим динамику движения в коронном барабанном сепараторе смеси из двух типов частиц – проводников и непроводников (см. рис. 3.3).

В межэлектродном пространстве между осадительным электродом 1 и коронирующим электродом 2 на заряженные частицы действуют электростатическая сила (сила Кулона) F_3 и пондеромоторная электрическая сила F_{Π} , зависящая от неоднородности электрического поля и диэлектрической проницаемости среды и частиц. По данным работ [1, 2], сила F_{Π} в воздушной среде мала, и ею можно пренебречь. Поэтому в качестве электрической силы, обеспечивающей разделение частиц, будет являться электростатическая сила Кулона F_3 . После выхода частицы из межэлектродного пространства на частицу будет действовать сила зеркального отображения F_3 , также относящаяся к Кулоновым силам и способствующая удержанию частицы на барабане.

Кроме электрических сил при движении частицы через рабочую зону сепаратора на частицу будут действовать механические силы: тяжести, центробежная, трения. На мелкие частицы будет действовать сила адгезии, вызывающая прилипание пылевидных частиц к барабану (силу адгезии рассматривать не будем).

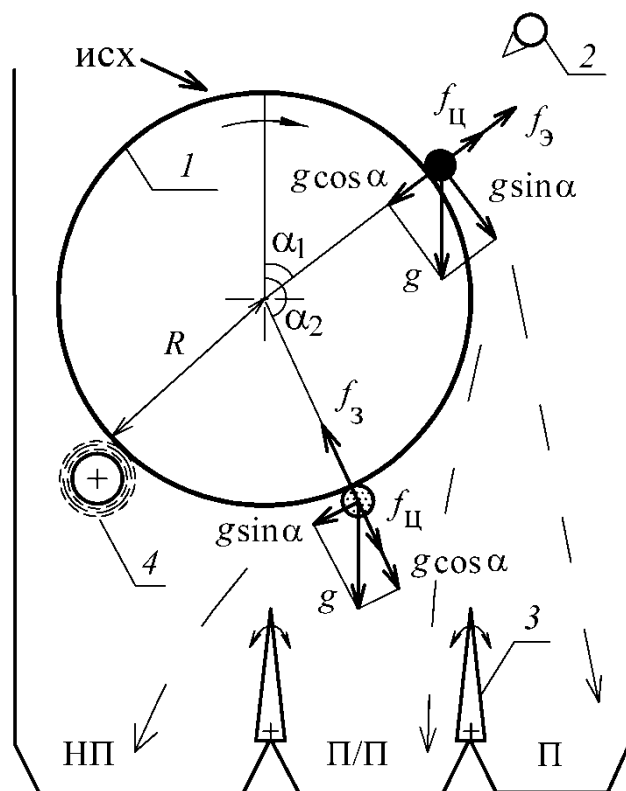


Рис. 3.3. Схема сил, действующих на частицы в барабанном коронном электрическом сепараторе:

1 – барабан-электрод; 2 – коронирующий электрод; 3 – шибер; 4 – щётка;
П, П/П и НП – проводники (●), промпродукт и непроводники (⊙)

По аналогии с разделением в магнитных сепараторах (см. условие (3.3)) примем, что при монослойной подаче материала частицы, закрепившиеся на барабане, не позволяют другим частицам смещаться по поверхности барабана (скользить) под влиянием тангенциальной составляющей силы тяжести $g \sin \alpha$. Поэтому в дальнейшем будем рассматривать баланс сил в нормальном к поверхности барабана направлении (силу трения и тангенциальную составляющую силы тяжести $g \sin \alpha$ рассматривать не будем, см. рис. 3.2).

Для барабанного коронного сепаратора можно выделить две основные зоны разделения:

1) зону зарядки частиц проводников и непроводников (межэлектродное пространство) и отталкивание от барабана проводников (при выходе из межэлектродного пространства);

2) зону удерживания частиц непроводников на барабане от окончания межэлектродного пространства до щётки 4 (см. рис. 3.3).

Рассмотрим действие сил на частицы проводников и непроводников в выделенных зонах разделения барабанного коронного сепаратора.

ратора. В межэлектродном пространстве проводники и непроводники получают от коронирующего электрода максимальный заряд:

$$q_{\infty} = 4\pi\epsilon\epsilon_0[1+2(\epsilon_{\text{ч}}-1)/(\epsilon_{\text{ч}}+2)]r^2E_{\text{к}}, \quad (3.12)$$

где ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м; ϵ и $\epsilon_{\text{ч}}$ – диэлектрические (относительные) проницаемости воздуха ($\epsilon=1$) и частицы; r – радиус частицы, м; $E_{\text{к}}$ – напряжённость электрического поля в межэлектродном пространстве на барабане, В/м.

Проводник мгновенно получит отрицательный заряд в поле коронного разряда, затем перезарядится на барабане и получит положительный заряд. После выхода из межэлектродного пространства положительно заряженная частица проводника оттолкнётся от барабана под действием силы электростатического поля и центробежной силы. Условие отрыва проводника от барабана выглядит следующим образом (см. рис. 3.3):

$$f_{\text{э}} + f_{\text{ц}} \geq g \cos \alpha, \quad (3.13)$$

где $f_{\text{э}}$ – удельная электростатическая сила, Н/кг.

Удельная центробежная сила рассчитывается по формуле (3.2). Учитывая малый размер частиц, $f_{\text{ц}}$ можно рассчитать по более простой формуле:

$$f_{\text{ц}} = v^2 / R. \quad (3.14)$$

Удельная электростатическая сила для случая, когда частица лежит на барабане:

$$f_{\text{э}} = F_{\text{э}} / m = q E / m = q^2 / (4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2 m), \quad (3.15)$$

где q – заряд частицы-проводника после перезарядки на барабане, Кл; E – напряжённость электрического поля, создаваемого заряженной частицей, В/м.

Заряд частицы-проводника q после перезарядки на барабане будет меньше заряда q_{∞} , и его можно рассчитать:

$$q = k_q q_{\infty}, \quad (3.16)$$

где k_q – коэффициент уменьшения заряда.

При обогащении в коронном сепараторе условие (3.13) должно всегда выполняться – частица-проводник оторвётся от барабана при угле его поворота $\alpha_1 \approx 25-30^\circ$ (зависит от угла установки коронирующего электрода).

Частица-непроводник также получит отрицательный заряд в поле коронного разряда и притянется к барабану под действием элек-

тростатической силы. Частица-непроводник не будет разряжаться на барабане и сохранит свой отрицательный заряд. При выходе из межэлектродного пространства частица-непроводник будет притягиваться к барабану под действием силы зеркального отображения.

Условие притяжения частицы-непроводника к барабану выглядит следующим образом (см. рис. 3.3):

$$f_3 \geq f_{\text{ц}} - g \cos \alpha, \quad (3.17)$$

где f_3 – удельная сила зеркального отображения, Н/кг.

Удельная сила зеркального отображения для случая, когда частица лежит на барабане:

$$f_3 = F_3 / m = q_{\text{ост}} E / m = q_{\text{ост}}^2 / (16\pi\epsilon\epsilon_0 r^2 m), \quad (3.18)$$

где $q_{\text{ост}}$ – остаточный заряд частицы-непроводника после выхода из межэлектродного пространства, Кл.

Если при угле поворота барабана $\alpha_2=180^\circ$ ($\cos\alpha=1$) условие (3.17) будет выполнено, то частица-непроводник в дальнейшем не оторвётся от барабана и будет удалена с него щёткой 4 (см. рис. 3.3). Если при угле поворота барабана $\alpha_2=180^\circ$ условие (3.17) не будет выполнено, то частица-непроводник оторвётся от барабана при угле $\alpha_2 < 180^\circ$. Для этого случая угол отрыва частицы-непроводника

$$\alpha_2 = \arccos[(f_{\text{ц}} - f_3)/g]. \quad (3.19)$$

Используя равенства (3.13) и (3.17), можно определить параметры и режимы работы электрического сепаратора, при которых частицы с известными электрическими свойствами попадут в различные приёмники.

Задача № 3.3

Смесь частиц разделяется на коронном барабанном сепараторе (см. рис. 3.3). Напряжённость электрического поля в межэлектродном пространстве на барабане составляет 5 кВ/см. Угол установки коронирующего электрода относительно поворота барабана с $R=0,17$ м составляет 30° . Линейная скорость вращения барабана $v=1$ м/с.

Исходный продукт представлен частицами двух минералов – ильменита (проводник) и кварца (непроводник). Диэлектрические проницаемости (относительные) кварца и ильменита равны 5 и 55 соответственно. Размер частиц кварца и ильменита (радиус) составляет 0,2 и 0,2 мм соответственно. Плотности частиц кварца и ильменита равны 2600 и 4700 кг/м³ соответственно. Форму частиц принять ша-

рообразной.

Коэффициент уменьшения максимального абсолютного заряда частиц ильменита после выхода из межэлектродного пространства (после перезарядки) $k_q = 0,7$. Частицы кварца получают в поле коронного разряда максимальный заряд ($k_q = 1$).

Принять, что после выхода из межэлектродного пространства на частицы ильменита значительно действуют электростатическая и центробежная силы и сила тяжести, а на частицы кварца – сила зеркального отображения, сила тяжести и центробежная сила.

Рассчитать суммарную удельную силу, действующую на частицы ильменита (f_Σ) в момент их отрыва от барабана при угле его поворота $\alpha_1 = 30^\circ$ (угол установки коронирующего электрода).

Определить, останутся ли частицы кварца на барабане при его угле поворота $\alpha_2 = 180^\circ$. Если «да», то сделать вывод, как необходимо частицы кварца разгружать с барабана. Если частицы кварца оторвутся от барабана при угле $\alpha_2 < 180^\circ$, то рассчитать угол их отрыва.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

По формуле (3.12) рассчитываем максимальный заряд, полученный частицами кварца и ильменита в поле коронного разряда: $q_\infty(\text{кварц}) = q(\text{кварц}) = 4,7662 \cdot 10^{-12}$ и $q_\infty(\text{ильменит}) = 6,4386 \cdot 10^{-12}$ Кл. По формуле (3.16) рассчитываем заряд частиц ильменита после выхода из межэлектродного пространства: $q(\text{ильменит}) = 4,5070 \cdot 10^{-12}$ Кл.

Рассчитываем массы частиц кварца и ильменита: $8,7127 \cdot 10^{-8}$ и $1,5750 \cdot 10^{-7}$ соответственно.

По формуле (3.15) рассчитываем удельную электростатическую силу, действующую на частицы ильменита: $f_3 = 28,9929$ Н/м. По формуле (3.14) рассчитываем удельную центробежную силу, действующую на частицы кварца и ильменита: $f_{ц} = 5,8824$ Н/м. По формуле (3.18) рассчитываем удельную силу зеркального отображения, действующую на частицы кварца: $f_9 = 14,6530$ Н/м.

Используя формулу (3.13), рассчитываем суммарную удельную силу, действующую на частицы ильменита в момент их отрыва от барабана при угле его поворота $\alpha_1 = 30^\circ$. Суммарная удельная сила: $f_\Sigma = f_3 + f_{ц} - g \cos \alpha = 26,3795$ Н/кг.

Проверяем выполнение условия (3.17) для частиц кварца при угле поворота барабана $\alpha_2 = 180^\circ$. Условие не выполняется ($f_\Sigma < 0$; $f_\Sigma = f_3 - f_{ц} + g \cos \alpha = -1,0393$ Н/кг), следовательно, частицы кварца оторвутся

при угле $\alpha_2 < 180^\circ$. По формуле (3.19) рассчитываем угол отрыва частиц кварца $\alpha_2 = 153,4^\circ$.

Задание для задачи № 3.3

Варианты задачи № 3.3 приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Варианты для задачи № 3.3

($E=5$ кВ/см; $\epsilon_{\text{КВ}}=5$; $\epsilon_{\text{ИЛЬМ}}=55$; $\rho_{\text{КВ}}=2600$ кг/м³; $\rho_{\text{ИЛЬМ}}=2600$ кг/м³; $k_q=1$; $\alpha_1=30^\circ$)

Номер варианта	r , мм	R , м	ν , м/с	Номер варианта	r , мм	R , м	ν , м/с
1	0,05	0,17	1,0	16	0,05	0,15	1,2
2	0,10	0,17	1,0	17	0,10	0,15	1,2
3	0,15	0,17	1,0	18	0,15	0,15	1,2
4	0,20	0,17	1,0	19	0,20	0,15	1,2
5	0,25	0,17	1,0	20	0,25	0,15	1,2
6	0,2	0,11	1,0	21	0,10	0,11	1,2
7	0,2	0,13	1,0	22	0,10	0,13	1,2
8	0,2	0,15	1,0	23	0,10	0,15	1,2
9	0,2	0,17	1,0	24	0,10	0,17	1,2
10	0,2	0,19	1,0	25	0,10	0,19	1,2
11	0,2	0,17	1,0	26	0,10	0,15	1,0
12	0,2	0,17	1,1	27	0,10	0,15	1,1
13	0,2	0,17	1,2	28	0,10	0,15	1,2
14	0,2	0,17	1,3	29	0,10	0,15	1,3
15	0,2	0,17	1,4	30	0,10	0,15	1,4

Задача № 3.3 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт суммарной удельной силы, действующей на частицы ильменита (f_Σ) в момент их отрыва от барабана при угле его поворота $\alpha_1=30^\circ$. Каждый студент определяет угол отрыва от барабана частиц кварца α_2 .

Каждая бригада строит зависимость суммарной удельной силы, действующей на частицы ильменита (f_Σ), и зависимость угла отрыва от барабана частиц кварца (α_2) от варьируемой величины и делает вывод по полученным зависимостям.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ МИНЕРАЛОВ

4.1. Пондеромоторный метод Фарадея и метод Гюи

Определение магнитной восприимчивости минералов основано на взвешивании образцов, помещённых в магнитное поле. Чем больше прирост «массы» образца в магнитном поле, тем выше его магнитные свойства.

Для определения магнитной восприимчивости слабомагнитных минералов применяют пондеромоторный метод, предложенный Фарадеем. Магнитную восприимчивость образца определяют косвенным методом – сравнивают магнитные силы, действующие на исследуемый образец и эталон.

Измерения выполняют три-четыре раза, а затем по средним значениям рассчитывают удельную магнитную восприимчивость образца по формуле

$$\chi_{об} = \chi_{эт} m_{эт} \Delta m_{об} / (m_{об} \Delta m_{эт}), \quad (4.1)$$

где $\chi_{эт}$ – удельная магнитная восприимчивость эталона, м³/кг; $m_{эт}$ – масса эталона, кг; $m_{об}$ – масса образца, кг; $\Delta m_{об}$ – кажущийся прирост массы образца в магнитном поле, кг; $\Delta m_{эт}$ – кажущийся прирост массы эталона в магнитном поле, кг.

Для определения магнитной восприимчивости сильномагнитных минералов применяют метод Гюи. Он основан на измерении силы, действующей на измельченный образец, помещённый в длинный немагнитный цилиндр. Цилиндр помещается в соленоидную катушку. Удельная магнитная восприимчивость исследуемого образца

$$\chi = 2 \cdot l \cdot g \cdot \Delta m / (\mu_0 \cdot H^2 \cdot m), \quad (4.2)$$

где χ – удельная магнитная восприимчивость образца, м³/кг; l – длина образца в цилиндре, м; g – ускорение свободного падения, м/с; Δm – кажущийся прирост массы образца в магнитном поле, кг; H – напряжённость магнитного поля, А/м; m – масса образца, кг.

Задача № 4.1

На магнитных весах с помощью метода Фарадея выполнены измерения удельной магнитной восприимчивости марганцевой руды.

Удельная магнитная восприимчивость эталона $\chi_{эт} = 9,55 \cdot 10^{-7}$ м³/кг. Масса эталона и образца 80 и 75 г соответственно. Масса эталона и образца в магнитном поле $m_{эт(м)} = 100$ и $m_{об(м)} = 79$ г соответственно.

Рассчитать удельную магнитную восприимчивость образца марганцевой руды.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

Рассчитываем кажущийся прирост массы эталона в магнитном поле: $\Delta m_{\text{эт}} = 0,1 - 0,08 = 0,02$ кг. Рассчитываем кажущийся прирост массы образца в магнитном поле: $\Delta m_{\text{об}} = 0,079 - 0,075 = 0,004$ кг. По формуле (4.1) рассчитываем удельную магнитную восприимчивость образца марганцевой руды: $\chi_{\text{об}} = 2,12 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{кг}$.

Задание для задачи № 4.1

Варианты задачи № 4.1 приведены в табл. 4.1.

Задача № 4.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт удельной магнитной восприимчивости образца марганцевой руды.

Каждая бригада строит зависимость удельной магнитной восприимчивости образца марганцевой руды от прироста массы образца в магнитном поле ($\Delta m_{\text{об}}$) и делает вывод по полученной зависимости.

Таблица 4.1

Варианты для задачи № 4.1

($m_{\text{эт}} = 80$ г; $m_{\text{эт(м)}} = 100$ г)

Номер варианта	$m_{\text{об(м)}}, \text{ г}$	$m_{\text{об}}, \text{ г}$	$\chi_{\text{эт}}, \text{ м}^3/\text{кг}$	Номер варианта	$m_{\text{об(м)}}, \text{ г}$	$m_{\text{об}}, \text{ г}$	$\chi_{\text{эт}}, \text{ м}^3/\text{кг}$
1	83	80	$8,3 \cdot 10^{-7}$	16	77,5	77	$8,3 \cdot 10^{-7}$
2	85	80	$8,3 \cdot 10^{-7}$	17	78,0	77	$8,3 \cdot 10^{-7}$
3	87	80	$8,3 \cdot 10^{-7}$	18	78,5	77	$8,3 \cdot 10^{-7}$
4	89	80	$8,3 \cdot 10^{-7}$	19	79,0	77	$8,3 \cdot 10^{-7}$
5	91	80	$8,3 \cdot 10^{-7}$	20	79,5	77	$8,3 \cdot 10^{-7}$
6	77	75	$9,55 \cdot 10^{-7}$	21	80,3	80	$9,55 \cdot 10^{-7}$
7	80	75	$9,55 \cdot 10^{-7}$	22	80,6	80	$9,55 \cdot 10^{-7}$
8	83	75	$9,55 \cdot 10^{-7}$	23	80,9	80	$9,55 \cdot 10^{-7}$
9	86	75	$9,55 \cdot 10^{-7}$	24	81,2	80	$9,55 \cdot 10^{-7}$
10	89	75	$9,55 \cdot 10^{-7}$	25	84,5	80	$9,55 \cdot 10^{-7}$
11	78	77	$14,45 \cdot 10^{-7}$	26	83,1	83	$14,45 \cdot 10^{-7}$
12	80	77	$14,45 \cdot 10^{-7}$	27	83,2	83	$14,45 \cdot 10^{-7}$
13	82	77	$14,45 \cdot 10^{-7}$	28	83,3	83	$14,45 \cdot 10^{-7}$
14	84	77	$14,45 \cdot 10^{-7}$	29	83,4	83	$14,45 \cdot 10^{-7}$
15	86	77	$14,45 \cdot 10^{-7}$	30	83,5	83	$14,45 \cdot 10^{-7}$

Задача № 4.2

На магнитных весах с помощью метода Гюи выполнены измерения удельной магнитной восприимчивости магнетитовой руды.

Внутренний диаметр цилиндра и длина образца в цилиндре

$d=18,5$ и $l=60$ мм соответственно. Масса образца и масса образца в магнитном поле $m=38$ и $m_{(м)}=252$ г. Напряжённость магнитного поля 127 кА/м.

Рассчитать удельную и объёмную магнитную восприимчивость образца магнетитовой руды.

Решение

При расчётах значения всех величин использовать в системе СИ.

Рассчитываем кажущийся прирост массы образца в магнитном поле: $\Delta m=252-38=214$ г =0,214 кг. По формуле (4.2) рассчитываем удельную магнитную восприимчивость образца магнетитовой руды: $\chi=3,27 \cdot 10^{-4}$ м³/кг.

Рассчитываем площадь, объём, насыпную плотность и плотность образца: $S=2,688 \cdot 10^{-4}$ м²; $V=1,613 \cdot 10^{-5}$ м³; $\rho_{н}=2356,13$ кг/м³; $\rho=\rho_{н}/k_p=4283,87$ кг/м³ (коэффициент плотности принять $k_p=0,55$). Рассчитываем объёмную магнитную восприимчивость образца: $\varkappa=\chi \cdot \rho=1,401$.

Задание для задачи № 4.2

Варианты задачи № 4.2 приведены в табл. 4.2.

Задача № 4.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант).

Каждый студент выполняет расчёт удельной и объёмной магнитной восприимчивости образца магнетитовой руды.

Каждая бригада строит зависимость удельной магнитной восприимчивости образца магнетитовой руды от напряжённости магнитного поля и делает вывод по полученной зависимости.

4.2. Расчёт магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды

Магнитная восприимчивость куска магнетитовой руды, содержащего определённое количество магнетита, зависит практически только от процентного содержания в нём магнетита. Объёмную магнитную восприимчивость сростка магнетита с другими минералами можно рассчитать по преобразованной формуле Г. Г. Бринга [1]:

$$\varkappa_{ср} \approx 10^{-4} \alpha^2 \varkappa_{м}, \quad (4.3)$$

где α – массовая доля магнетита в сростке, %; $\varkappa_{м}$ – объёмная магнитная восприимчивость частиц чистого магнетита.

Таблица 4.2

Варианты для задачи № 4.2
 $(m=38 \text{ г}; d=18,5 \text{ мм}; l=60 \text{ мм}; k_p=0,55)$

Номер варианта	H , кА/м	$m_{(м)}$, г	Номер варианта	H , кА/м	$m_{(м)}$, г
1	43	70	16	43	60
2	90	172	17	90	120
3	115	220	18	115	154
4	127	252	19	127	176
5	136	266	20	136	186
6	80	140	21	80	80
7	96	180	22	96	87
8	112	215	23	112	96
9	144	264	24	144	119
10	160	279	25	160	125
11	127	175	26	127	250
12	136	185	27	136	265
13	156	226	28	156	324
14	167	245	29	167	350
15	174	254	30	174	364

Удельная магнитная восприимчивость куска магнетитовой руды

$$\chi_{\text{ср}} \approx 1,13 \cdot 10^{-5} \alpha^2 / (127 + \alpha). \quad (4.4)$$

Формула (4.4) получена после преобразования формулы (4.3) при плотности магнетита, равной 5000 кг/м^3 , и плотности породы, равной 2800 кг/м^3 . Удельная магнитная восприимчивость магнетита в формуле (4.4) принята равной $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$ [1].

Задача № 4.3

Рассчитать объёмную магнитную восприимчивость частицы чистого магнетита при плотности магнетита, равной 5000 кг/м^3 , и удельной магнитной восприимчивости магнетита, равной $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$. Рассчитать удельную и объёмную магнитную восприимчивость куска магнетитовой руды при массовой доле магнетита в куске руды $\alpha=50 \%$.

Решение

Рассчитываем объёмную магнитную восприимчивость чистого магнетита: $\alpha_m = \chi_m \cdot \rho_m = 2,5$. По формулам (4.3) и (4.4) рассчитываем удельную и объёмную магнитную восприимчивость куска магнетитовой руды: $\alpha_{\text{ср}} \approx 0,625$; $\chi_{\text{ср}} \approx 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$.

Задание для задачи № 4.3

Варианты задачи № 4.3 приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Варианты для задачи № 4.3

Номер варианта	α , %	Номер варианта	α , %	Номер варианта	α , %
1	0	11	34,0	21	68,0
2	3,4	12	37,4	22	71,4
3	6,8	13	40,8	23	74,8
4	10,2	14	44,2	24	78,2
5	13,6	15	47,6	25	81,6
6	17,0	16	51,0	26	85,0
7	20,4	17	54,4	27	88,4
8	23,8	18	57,8	28	91,8
9	27,2	19	61,2	29	95,2
10	30,6	20	64,6	30	100,0

Задача № 4.3 выполняется студенческой группой. Каждому студенту выдаётся один вариант.

Каждый студент выполняет расчёт объёмной и удельной магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды в зависимости от массовой доли магнетита в куске.

Студенческая группа строит зависимости объёмной и удельной магнитной восприимчивости куска магнетитовой руды от массовой доли магнетита в куске и делает вывод по полученной зависимости.

5. РАСЧЁТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТНЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ

Производительность сухих магнитных и электрических барабанных сепараторов с верхней подачей материала определяется длиной и скоростью вращения рабочего устройства (барабана) и крупностью и плотностью исходного продукта. Производительность по исходному продукту (Q) ориентировочно можно рассчитать по формуле, т/ч [4]:

$$Q = 0,82nLv\rho \frac{d_2 - d_1}{\lg(d_2 / d_1)} ab, \quad (5.1)$$

где n – число головных (верхних) барабанов; L – рабочая длина барабана или валка, м; v – скорость вращения головного барабана, м/с; ρ – плотность руды, т/м³; d_1 и d_2 – наименьший и наибольший диаметры зёрен исходного продукта, мм (при $d_1=0$ принимается $d_1=0,01d_2$); a – коэффициент, зависящий от крупности питания; b – коэффициент, зависящий от соотношения между числом основных и перечистных барабанов.

Значения коэффициентов a и b при магнитном обогащении приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Значение коэффициентов a и b в формуле (5.1)

Крупность питания, мм	-10+0	-20+0	-30+0	от -40+0 до -60+0	-10+5	-20+6	-30+6	от -40+6 до -60+6
Коэффициент a	2,5	1,5	1,1	1,0	1,2	0,75	0,65	0,6
Отношение числа барабанов для пересортировки хвостов к числу головных барабанов					0:1	1:2	1:1	2:2
Коэффициент b					1,0	1,25	1,5	1,5

Для барабанных электрических сепараторов коэффициенты a и b равны единице. Формула (5.1) определяет производительность сепаратора для условия, когда высота слоя исходного продукта равна d_2 .

Значительный опыт эксплуатации магнитных и электрических сепараторов позволяет рассчитывать производительность всех типов сепараторов с использованием норм удельных нагрузок на 1 м ширины питания или рабочей длины барабана (валка) по формуле, т/ч:

$$Q = qK, \quad (5.2)$$

где K – ширина потока исходного продукта, м; q – удельная производительность, т/(ч·м).

Удельная производительность сепаратора зависит от характеристики исходного продукта (крупность, плотность, массовая доля извлекаемого минерала, магнитные и электрические свойства) и от технологической задачи, решаемой с помощью сепарации.

Задача № 5.1

Рассчитать производительность магнитного сепаратора 2ПБС-90/250 при обогащении магнетитовой руды крупностью -25+0 мм с плотностью 3,4 т/м³. Линейная скорость вращения головного барабана 1,2 м/с.

Решение

По табл. 5.1 находим значения коэффициентов: $a=1,3$; $b=1,5$. По формуле (5.1) рассчитываем производительность: $Q=201,8$ т/ч.

Задание для задачи № 5.1

Варианты задачи № 5.1 приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Варианты для задачи № 5.1

Номер варианта	d , мм	ρ , т/м ³	v , м/с	Номер варианта	d , мм	ρ , т/м ³	v , м/с
1	-10+0	3,4	1,0	16	-10+0	3,4	1,2
2	-15+0	3,4	1,0	17	-15+0	3,4	1,2
3	-20+0	3,4	1,0	18	-20+0	3,4	1,2
4	-25+0	3,4	1,0	19	-25+0	3,4	1,2
5	-30+0	3,4	1,0	20	-30+0	3,4	1,2
6	-12+0	3,2	1,0	21	-12+0	3,2	1,2
7	-12+0	3,3	1,0	22	-12+0	3,3	1,2
8	-12+0	3,4	1,0	23	-12+0	3,4	1,2
9	-12+0	3,5	1,0	24	-12+0	3,5	1,2
10	-12+0	3,6	1,0	25	-12+0	3,6	1,2
11	-20+0	3,4	1,0	26	-15+0	3,6	1,0
12	-20+0	3,4	1,1	27	-15+0	3,6	1,1
13	-20+0	3,4	1,2	28	-15+0	3,6	1,2
14	-20+0	3,4	1,3	29	-15+0	3,6	1,3
15	-20+0	3,4	1,4	30	-15+0	3,6	1,4

Задача № 5.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт производительности магнитного сепаратора. Тип сепаратора задаёт преподаватель. Каждая бригада строит зависимость производительности сепаратора от варьируемого параметра и делает вывод по полученной зависимости.

Задача № 5.2

Рассчитать производительность барабанного коронно-электростатического сепаратора КЭС-2000 при обогащении чернового ильменитового концентрата крупностью $-0,5+0,045$ мм с плотностью 4 т/м^3 . Линейная скорость вращения головного барабана $1,8 \text{ м/с}$.

Решение

При расчёте производительности барабанных электрических сепараторов значения коэффициентов a и b принимаем равными единице. По формуле (5.1) рассчитываем производительность: $Q=5,1 \text{ т/ч}$.

Задание для задачи № 5.2

Варианты задачи № 5.2 приведены в табл. 5.3.

Задача № 5.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт производительности электрического сепаратора. Тип сепаратора задаёт преподаватель.

Таблица 5.3

Варианты для задачи № 5.2

Номер варианта	d , мм	ρ , т/м ³	v , м/с	Номер варианта	d , мм	ρ , т/м ³	v , м/с
1	-0,1+0,045	4,0	2,0	16	-0,1+0,045	3,9	1,9
2	-0,2+0,045	4,0	2,0	17	-0,2+0,045	3,9	1,9
3	-0,5+0,045	4,0	2,0	18	-0,5+0,045	3,9	1,9
4	-1+0,071	4,0	2,0	19	-1+0,071	3,9	1,9
5	-1,5+0,1	4,0	2,0	20	-1,5+0,1	3,9	1,9
6	-0,5+0,045	3,4	2,0	21	-0,2+0,045	3,4	1,9
7	-0,5+0,045	3,6	2,0	22	-0,2+0,045	3,6	1,9
8	-0,5+0,045	3,8	2,0	23	-0,2+0,045	3,8	1,9
9	-0,5+0,045	4,0	2,0	24	-0,2+0,045	4,0	1,9
10	-0,5+0,045	4,2	2,0	25	-0,2+0,045	4,2	1,9
11	-0,3+0,071	4,0	1,6	26	-0,5+0,045	4,1	1,6
12	-0,3+0,071	4,0	1,8	27	-0,5+0,045	4,1	1,8
13	-0,3+0,071	4,0	2,0	28	-0,5+0,045	4,1	2,0
14	-0,3+0,071	4,0	2,2	29	-0,5+0,045	4,1	2,2
15	-0,3+0,071	4,0	2,4	30	-0,5+0,045	4,1	2,4

Каждая бригада строит зависимость производительности сепаратора от варьируемого параметра и делает вывод по полученной зависимости.

6. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗДЕЛЕНИЯ ПРИ МАГНИТНОМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОБОГАЩЕНИИ

6.1. Расчёт одной операции разделения

При генеральном опробовании технологической схемы отбираются пробы питания и продуктов разделения каждой операции. Пробы анализируются на массовую долю полезного компонента. Выходы продуктов рассчитываются. Технологическая схема рассчитывается сверху вниз. Для одной операции разделения на два продукта (рис. 6.1) справедлива система уравнений

$$\begin{cases} \gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_3; \\ \gamma_1 \beta_1 = \gamma_2 \beta_2 + \gamma_3 \beta_3, \end{cases} \quad (6.1)$$

где γ_1 , γ_2 и γ_3 – выходы исходного продукта и продуктов разделения, %; β_1 , β_2 и β_3 – массовые доли полезного компонента в исходном продукте и в продуктах разделения, %.

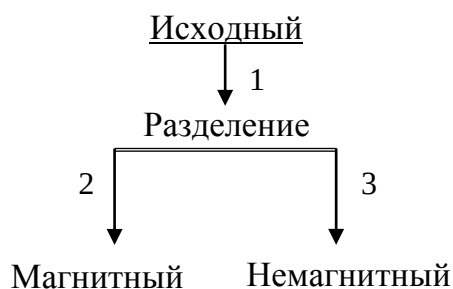


Рис. 6.1. Операция разделения на два продукта

Решая систему уравнений (6.1), можно найти выходы продуктов разделения γ_2 и γ_3 по известным значениям γ_1 , β_1 , β_2 и β_3 :

$$\gamma_2 = \gamma_1 \frac{\beta_1 - \beta_3}{\beta_2 - \beta_3}; \quad \gamma_3 = \gamma_1 \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_2 - \beta_3}. \quad (6.2)$$

Для первой операции выход исходного продукта равен 100 %. Для последующих операций выход исходного продукта равен выходу одного из продуктов разделения предыдущей операции.

Задача № 6.1

При сухой магнитной сепарации (СМС) мелкодроблённой магнетитовой руды получают промпродукт (магнитный продукт) и хвосты (немагнитный продукт). Рассчитать γ_2 и γ_3 , если известно: $\gamma_1=90$ %, $\beta_1=34$ %, $\beta_2=40$ % и $\beta_3=10$ % (см. рис. 6.1).

Решение

По формулам (6.2) рассчитываем выходы: $\gamma_2=72$ % и $\gamma_3=18$ %. Выполняем проверку по первому уравнению системы (6.1): $72+18=90$ %.

Задание для задачи № 6.1

Варианты задачи № 6.1 приведены в табл. 6.1.

Задача № 6.1 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт выходов γ_2 и γ_3 .

Каждая бригада строит зависимости выходов магнитного и немагнитного продуктов (на одном графике) от варьируемого фактора и делает вывод по полученной зависимости.

Варианты для задачи № 6.1
($\gamma_1=100\%$)

Номер варианта	$\beta_1, \%$	$\beta_2, \%$	$\beta_3, \%$	Номер варианта	$\beta_1, \%$	$\beta_2, \%$	$\beta_3, \%$
1	20	40	10	16	20	30	10
2	24	40	10	17	22	30	10
3	28	40	10	18	24	30	10
4	32	40	10	19	26	30	10
5	36	40	10	20	28	30	10
6	30	32	10	21	16	17	6
7	30	34	10	22	16	18	6
8	30	36	10	23	16	19	6
9	30	38	10	24	16	20	6
10	30	40	10	25	16	21	6
11	30	35	10	26	25	27	8
12	30	35	12	27	25	27	9
13	30	35	14	28	25	27	10
14	30	35	16	29	25	27	11
15	30	35	18	30	25	27	12

6.2. Расчёт показателей разделения в трёхпродуктовом сепараторе

В трёхпродуктовых сухих магнитных или электрических сепараторах осуществляются две или три (или более) последовательные операции, то есть в одном сепараторе реализуется схема обогащения (рис. 6.2).

При опробовании таких сепараторов отбираются пробы питания и конечных продуктов разделения. Пробы анализируются на массовую долю полезного компонента. При этом внутренние продукты не опробуются, так как нет технической возможности.

Для процесса разделения в одном сепараторе на три продукта (см. рис. 6.2, а) справедлива система уравнений

$$\begin{cases} \gamma_1 = \gamma_2 + \gamma_4 + \gamma_5; \\ \gamma_1 \beta_1 = \gamma_2 \beta_2 + \gamma_4 \beta_4 + \gamma_5 \beta_5. \end{cases} \quad (6.3)$$

Для расчёта показателей разделения необходимо знать выходы двух продуктов – исходного и одного из трёх конечных. Их определяют по производительности с помощью конвейерных весов. Тогда,

используя уравнения материального баланса (6.3), можно рассчитать два других неизвестных выхода. Иногда выходы всех продуктов можно определить по показателям конвейерных весов. Тогда делают проверку по выполнению материального баланса (6.3).

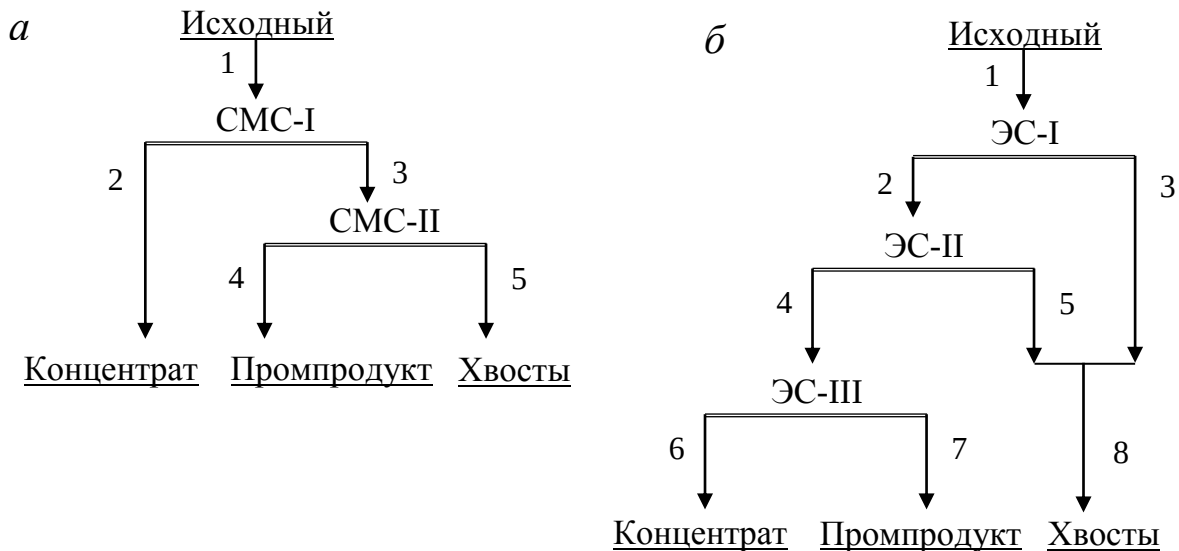


Рис. 6.2. Технологические схемы разделения в трёхпродуктовых сухих сепараторах:

a – двухбарабанный магнитный сепаратор; *б* – трёхбарабанный электрический сепаратор

Задача № 6.2

При сухой магнитной сепарации мелкодроблённой магнетитовой руды (после III стадии дробления) на трёхпродуктовом магнитном сепараторе получают аглоруду (концентрат), промпродукт и хвосты (см. рис. 6.2, *a*). Известно, что производительность исходного продукта $Q_1=360$ т/ч и $\gamma_1=100$ %. Если в схеме рудоподготовки дополнительно предусмотрена сухая магнитная сепарация после I или II стадии дробления, то $\gamma_1 < 100$ %.

Производительность по аглоруде $Q_2=36$ т/ч. По результатам опробования известно, что массовая доля железа в питании и в конечных продуктах разделения: $\beta_1=35$ %, $\beta_2=50$ %, $\beta_4=36$ % и $\beta_5=10$ %.

Рассчитать γ_2 , γ_3 , γ_4 , γ_5 , β_3 , ε_1 , ε_2 , ε_4 и ε_5 .

Решение

Рассчитываем $\gamma_2=100 \cdot Q_2/Q_1=10$ %.

Используя первое уравнение системы (6.3), выводим формулу для расчёта γ_4 :

$$\gamma_4 = \gamma_1 - \gamma_2 - \gamma_5. \quad (6.4)$$

Во второе уравнение системы (6.3) подставляем уравнение (6.4), выводим формулу для расчёта γ_5 и рассчитываем выход $\gamma_5=9,23$ %. По уравнению (6.4) рассчитываем выход $\gamma_4=80,77$ %.

Выход γ_3 рассчитываем по двум формулам:

$$\gamma_3=\gamma_4+\gamma_5 \text{ или } \gamma_3=\gamma_1-\gamma_2, \quad (6.5)$$

$$\gamma_3=90 \text{ \%}.$$

Массовую долю железа β_3 также рассчитываем по двум формулам:

$$\beta_3=(\gamma_4 \cdot \beta_4 + \gamma_5 \cdot \beta_5) / \gamma_3 \text{ или } \beta_3=(\gamma_1 \cdot \beta_1 - \gamma_2 \cdot \beta_2) / \gamma_3, \quad (6.6)$$

$$\beta_3=33,33 \text{ \%}.$$

Для конечных продуктов рассчитываем извлечения $\varepsilon_1=100$ %, $\varepsilon_2=14,28$ %, $\varepsilon_4=83,08$ и $\varepsilon_5=2,64$ % по общей формуле

$$\varepsilon_i=\gamma_i \cdot \beta_i / \beta_1, \quad (6.7)$$

где i – номер продукта.

Сумма $\varepsilon_2+\varepsilon_4+\varepsilon_5$ должна равняться $\varepsilon_1=100$ %. Выполняем эту проверку: $\varepsilon_2+\varepsilon_4+\varepsilon_5=\varepsilon_1=100$ %.

Задание для задачи № 6.2

Варианты задачи № 6.2 приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Варианты для задачи № 6.2

($\gamma_1=100$ %, $Q_1=360$ т/ч, $Q_2=36$ т/ч, $\beta_5=10$ %)

Номер варианта	β_1 , %	β_2 , %	β_4 , %	Номер варианта	β_1 , %	β_2 , %	β_4 , %
1	30	50	36	16	22	48	25
2	31	50	36	17	23	48	25
3	32	50	36	18	24	48	25
4	33	50	36	19	25	48	25
5	34	50	36	20	26	48	25
6	30	48	36	21	25	48	24
7	30	49	36	22	25	49	24
8	30	50	36	23	25	50	24
9	30	51	36	24	25	51	24
10	30	52	36	25	25	52	24
11	30	48	31	26	25	49	23
12	30	48	32	27	25	49	24
13	30	48	33	28	25	49	25
14	30	48	34	29	25	49	26
15	30	48	35	30	25	49	27

Задача № 6.2 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт $\gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5, \beta_3, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_4$ и ε_5 .

Каждая бригада строит зависимость выхода промпродукта γ_4 от варьируемого фактора и делает вывод по полученной зависимости.

6.3. Расчёт замкнутого цикла измельчения, включающего операцию магнитной сепарации

В схемах измельчения и обогащения железных руд часто во второй стадии измельчения в замкнутом цикле используют обогатительную операцию между мельницей и гидроциклонами (рис. 6.3). Использование мокрой магнитной сепарации (ММС) внутри замкнутого цикла позволяет снизить циркулирующую нагрузку за счёт вывода отвальных хвостов. Это приводит к повышению производительности мельницы и замкнутого цикла в целом.

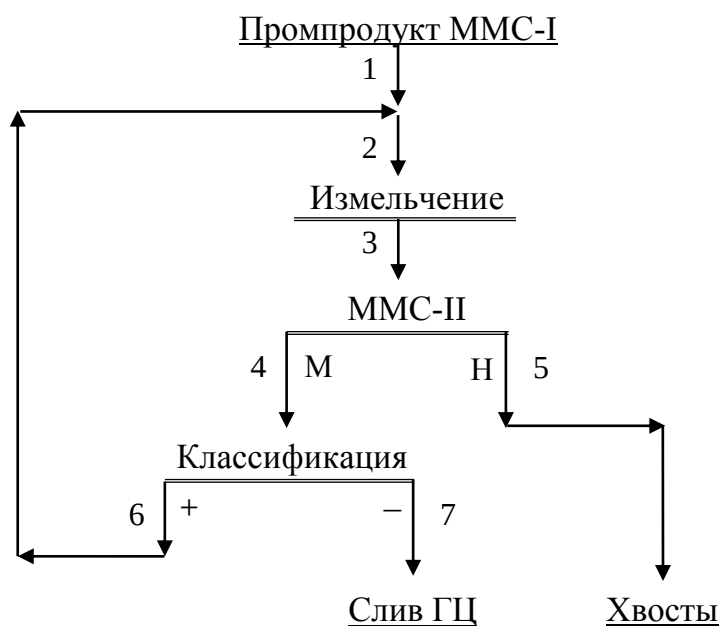


Рис. 6.3. Замкнутый цикл измельчения железной руды с обогатительной операцией

При опробовании таких замкнутых циклов измельчения отбираются пробы всех продуктов. Пробы анализируются на массовую долю железа и класса -71 (-44 мкм). Выходы продуктов рассчитываются (при известном выходе продукта № 1).

Расчёт замкнутого цикла измельчения с обогатительной операцией выполняется по массовым долям железа и расчётного класса крупности, например класса -71 мкм.

Замкнутый цикл измельчения (рис. 6.3) можно рассмотреть, как одну операцию разделения по железу. Тогда, при известных значениях γ_1 , β_1 , β_5 и β_7 , будут справедливы уравнения (6.1) и (6.2). Применительно к рассматриваемому замкнутому циклу можно записать:

$$\gamma_7 = \gamma_1 \frac{\beta_1 - \beta_5}{\beta_7 - \beta_5}; \quad \gamma_5 = \gamma_1 \frac{\beta_7 - \beta_1}{\beta_7 - \beta_5}, \quad (6.8)$$

где γ_i – выход i -го продукта, %; β_i – массовая доля железа в i -м продукте, %; i – номер продукта.

После расчёта выполняется проверка: $\gamma_1 = \gamma_7 + \gamma_5$.

Операцию классификации рассчитывают по массовой доле расчётного класса -71 мкм (необходимо знать β^{-71} в питании, сливе и песках гидроциклонов). Сначала принимают выход продукта № 4 равным 100 % и рассчитывают частные выходы продуктов № 5 и 7 (выходы к операции классификации). Для этого используют уравнения типа (6.1) и (6.2). Применительно к рассматриваемой операции классификации можно записать:

$$\gamma'_7 = \gamma'_4 \frac{\beta_4^{-71} - \beta_6^{-71}}{\beta_7^{-71} - \beta_6^{-71}}; \quad \gamma'_6 = \gamma'_4 \frac{\beta_7^{-71} - \beta_4^{-71}}{\beta_7^{-71} - \beta_6^{-71}}, \quad (6.9)$$

где γ'_i – частный выход i -го продукта (выход к операции классификации), %; β_i^{-71} – массовая доля класса -71 мкм в i -м продукте.

После расчёта выполняется проверка: $\gamma'_7 + \gamma'_6 = 100$ %.

Далее рассчитывают выходы продуктов № 4 и 6:

$$\gamma_4 = 100 \cdot \gamma'_7 / \gamma'_7; \quad \gamma_6 = \gamma'_6 \cdot \gamma_4 / 100. \quad (6.10)$$

После расчёта выполняется проверка: $\gamma_7 = \gamma_4 - \gamma_6$.

Выходы второго и третьего продуктов можно рассчитать по двум формулам:

$$\gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_6 = \gamma_4 + \gamma_5. \quad (6.11)$$

Расчёт $\gamma_2 = \gamma_3$ выполняется по обеим формулам, результаты должны быть равны.

Циркулирующая нагрузка (C) рассчитывается по формуле:

$$C = 100 \cdot \gamma_6 / \gamma_1, \%. \quad (6.12)$$

Для расчёта массовых долей железа в шестом, втором и третьем продуктах необходимо знать массовую долю железа в четвёртом продукте:

$$\beta_6 = (\gamma_4 \cdot \beta_4 - \gamma_7 \cdot \beta_7) / (\gamma_4 - \gamma_7); \quad (6.13)$$

$$\beta_2 = \beta_3 = (\gamma_1 \cdot \beta_1 + \gamma_6 \cdot \beta_6) / (\gamma_1 + \gamma_6) = (\gamma_4 \cdot \beta_4 + \gamma_5 \cdot \beta_5) / (\gamma_4 + \gamma_5). \quad (6.14)$$

Расчёт $\beta_2 = \beta_3$ выполняется по обеим формулам (6.14), результаты должны быть равны.

Для расчёта массовых долей класса -71 мкм во втором и пятом продуктах необходимо знать массовую долю класса -71 мкм в первом и третьем продуктах:

$$\beta_2^{-71} = \frac{\gamma_1 \cdot \beta_1^{-71} + \gamma_6 \cdot \beta_6^{-71}}{\gamma_1 + \gamma_6}; \quad \beta_5^{-71} = \frac{\gamma_3 \cdot \beta_3^{-71} - \gamma_4 \cdot \beta_4^{-71}}{\gamma_3 - \gamma_4}. \quad (6.15)$$

Заканчивают расчёт замкнутого цикла измельчения определением показателей работы мельницы – производительности по твёрдому и удельной производительности и по классу -71 мкм:

$$Q_m = Q_1 \cdot \gamma_2 / \gamma_1 = Q_1 \cdot (1 + C / 100), \quad (6.16)$$

где Q_m – производительность мельницы, т/ч; Q_1 – исходная производительность замкнутого цикла (продукта № 1), т/ч.

$$q^{-71} = Q_m \frac{\beta_3^{-71} - \beta_2^{-71}}{100 \cdot V}, \quad (6.17)$$

где q^{-71} – удельная производительность мельницы (на единицу её объёма) по классу -71 мкм, т·ч/м³; V – объём мельницы, м³.

Задача № 6.3

Вторая стадия измельчения и обогащения титаномагнетитовой руды осуществляется в замкнутом цикле измельчения, приведённом на рис. 6.3.

По результатам опробования известны массовые доли железа и класса -71 мкм в продуктах: $\beta_1 = 28,1 \%$; $\beta_4 = 50 \%$; $\beta_5 = 5,8 \%$; $\beta_7 = 49,3 \%$ и $\beta_1^{-71} = 12,4 \%$; $\beta_3^{-71} = 34,8 \%$; $\beta_4^{-71} = 32,8 \%$; $\beta_6^{-71} = 21,4 \%$; $\beta_7^{-71} = 72 \%$.

Исходная производительность замкнутого цикла $Q_1 = 104$ т/ч. Выход питания замкнутого цикла от руды $\gamma_1 = 42,14 \%$. В замкнутом цикле используется мельница МШЦ-3600х5500 с объёмом $V = 48$ м³.

Рассчитать $\gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_6, \gamma_7, \beta_2, \beta_3, \beta_6, \beta_2^{-71}; \beta_5^{-71}, C, Q_m$ и q^{-71} .

Решение

По формулам (6.8) рассчитываем выходы: $\gamma_7 = 21,6 \%$ и $\gamma_5 = 20,54 \%$.

По формулам (6.9) рассчитываем частные выходы: $\gamma'_7=22,53\%$ и $\gamma'_6=77,47\%$. Выполняем проверку: $22,53+77,47=100\%$.

По формулам (6.10) рассчитываем выходы: $\gamma_4=95,88\%$ и $\gamma_6=74,28\%$. Выполняем проверку: $21,6=95,88-74,28$.

По обеим формулам (6.11) находим выходы: $\gamma_2=\gamma_3=116,42=116,42\%$. Результаты одинаковые.

По формуле (6.12) рассчитываем циркулирующую нагрузку: $C=176,3\%$.

По формулам (6.13) и (6.14) находим массовые доли железа: $\beta_6=50,2\%$ и $\beta_2=\beta_3=42,2\%$. Расчёт $\beta_2=\beta_3$ выполняем по обеим формулам (6.14), результаты равны: $42,2=42,2$.

По формулам (6.15) рассчитываем массовые доли: $\beta_2^{-71}=18,14\%$ и $\beta_5^{-71}=44,14\%$.

По формулам (6.16) и (6.17) рассчитываем производительность мельницы по твёрдому (по питанию) и удельную производительность и по классу -71 мкм: $Q_M=287,33$ т/ч и $q^{-71}=1,0$ т·ч/м³.

Задание для задачи № 6.3

Варианты задачи № 6.3 приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Варианты для задачи № 6.3

($\gamma_1=42,14\%$, $Q_1=104$ т/ч, $V=48$ м³, $\beta_4=50\%$; $\beta_5=5,8\%$; $\beta_7=49,3\%$ и $\beta_1^{-71}=12,4\%$;
 $\beta_3^{-71}=34,8\%$; $\beta_4^{-71}=32,8\%$)

Номер варианта	$\beta_1, \%$	$\beta_6^{-71}, \%$	$\beta_7^{-71}, \%$	Номер варианта	$\beta_1, \%$	$\beta_6^{-71}, \%$	$\beta_7^{-71}, \%$
1	27	21	72	16	22	21	71
2	29	21	72	17	23	21	71
3	31	21	72	18	24	21	71
4	33	21	72	19	25	21	71
5	35	21	72	20	26	21	71
6	27	10	71	21	25	13	72
7	27	15	71	22	25	16	72
8	27	20	71	23	25	19	72
9	27	25	71	24	25	22	72
10	27	30	71	25	25	25	72
11	27	21	60	26	25	23	60
12	27	21	65	27	25	23	65
13	27	21	70	28	25	23	70
14	27	21	75	29	25	23	75
15	27	21	80	30	25	23	80

Задача № 6.3 выполняется бригадой из 3-5 студентов. Каждой бригаде выдаётся 3-5 вариантов (каждому студенту – один вариант). Каждый студент выполняет расчёт $\gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_6, \gamma_7, \beta_2, \beta_3, \beta_6, \beta_2^{-71}; \beta_5^{-71}, C, Q_m$ и q^{-71} .

Каждая бригада строит зависимость циркулирующей нагрузки от варьируемого фактора и делает вывод по полученной зависимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деркач В. Г. Специальные методы обогащения полезных ископаемых: учебник для вузов. М.: Недра, 1966. 338 с.
2. Кармазин В. В., Кармазин В. И. Магнитные и электрические методы обогащения: учебник для вузов. М.: Недра, 2012. 669 с.
3. Пелевин А. Е. Магнитные и электрические методы обогащения: учебное пособие. 3-е изд., исправленное. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. 159 с.
4. Разумов К. А., Перов В. А. Проектирование обогатительных фабрик: учебник для вузов. 4-е изд. М.: Недра, 1982. 518 с.

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Компьютерная верстка А. Е. Пелевин

Подписано в печать 17.08.2015 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60x84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л. 2,7 Уч.-изд. л. 2,5 Тираж 100 экз. Заказ № 92

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Б1.В.08 ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

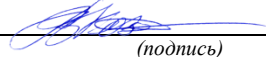
форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Б1.Б.2.02 ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ
ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 6
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: заочная

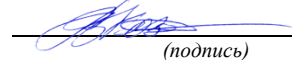
Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 17.04.2019

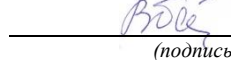
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Барановский В. П.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019

(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ	3
ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ	4
1. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	5
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ	5
3. ДИАГРАММА ЧАСТИЦ И ПОНЯТИЕ О ШКАЛЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ	8
4. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ШКАЛЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ СВОБОДНОМ ПАДЕНИИ	10
5. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТОВ.....	15

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ

Контрольная работа является средством текущего контроля при изучении дисциплины «Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых» и представляет собой самостоятельную инженерную работу студента.

Контрольная работа по основам теории гравитационных методов обогащения предназначена для освоения методик расчётов выбора шкалы сит предварительного грохочения и шкалы гидравлической классификации, а также расчёта теоретически возможных показателей обогащения получаемых классов крупности и гидравлических классов.

Во время выполнения контрольной работы студент овладевает следующими компетенциями:

ПСК-6.2: способность выбирать технологию производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию;

ПСК-6.3: способность выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработки и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного обогатительного оборудования.

Результаты обучения, достижение которых свидетельствует об освоении компетенции: знание теории гравитационных методов разделения минералов; умение выбирать схему гравитационного обогащения; владение методикой расчета диаграммы частиц.

Контрольная работа оформляется в виде сброшюрованной пояснительной записки и сдаётся для проверки преподавателю.

Оценка за контрольную работу определяется по пятибалльной шкале за правильность выполнения:

5 баллов – работа выполнена без ошибок;

4 балла – работа выполнена с ошибками, исправленными после указания на них;

3 балла – работа выполнена с ошибками, исправляемыми с помощью преподавателя;

2 балла и ниже – работа выполнена неверно

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Рассчитать шкалу гидравлической (пневматической) классификации в условиях свободного падения, если необходимо разделить смесь зёрен двух минералов. Максимальная крупность частиц смеси равна $d_{\max}$, плотности минералов δ_1 и δ_2 , коэффициенты формы ω_1 и ω_2 .

Реологические характеристики среды принять при температуре 18-20 °С. При чётном номере варианта среда разделения вода, при нечётном – воздух.

Рассчитать не менее пяти точек для минерала каждой плотности. Расчёт ведётся до тех пор, пока крупность зёрен минерала не станет меньше 0,02 мм или величина скорости не будет меньше 0,001 м/с.

Для полученных значений крупности зёрен и конечных скоростей их падения построить диаграмму частиц при свободном падении.

Предложить схему обогащения рассматриваемой смеси минералов.

Варианты заданий контрольной работы

Номер варианта	$d_{\max}$, мм	Плотность минералов, кг/м ³		Коэффициент формы		Номер варианта	$d_{\max}$, мм	Плотность минералов, кг/м ³		Коэффициент формы	
		δ_1	δ_2	ω_1	ω_2			δ_1	δ_2	ω_1	ω_2
1	2,5	2700	5500	0,7	0,8	16	1,7	2700	5000	0,7	0,8
2	3,0	2700	6000	0,6	0,8	17	2,9	2700	5500	0,5	0,8
3	1,5	2700	6000	0,7	0,9	18	2,3	2700	6000	0,7	0,9
4	2,0	2700	6000	0,5	0,9	19	5,0	2700	6000	0,7	0,8
5	2,7	2700	6000	0,6	0,9	20	5,0	2700	6000	0,6	0,9
6	4,0	2700	5000	0,8	0,8	21	2,6	2700	4700	0,4	0,8
7	3,5	2700	5000	0,5	0,7	22	1,9	2700	4900	0,7	0,9
8	1,5	2700	5000	0,6	0,7	23	0,8	2700	5200	0,7	0,8
9	1,0	2700	4500	0,6	0,8	24	5,0	2700	4500	0,7	0,8
10	2,8	2700	5000	0,7	0,8	25	3,0	2700	6000	0,7	0,2
11	1,8	2700	3800	0,5	0,8	26	1,0	2700	3650	0,7	0,7
12	2,2	2700	4800	0,5	0,8	27	1,9	2700	4000	0,7	0,9
13	2,6	2700	7500	0,6	0,8	28	5,0	1400	1900	0,7	0,8
14	3,2	2700	7500	0,7	0,9	29	6,0	1400	2000	0,6	0,2
15	0,9	2700	5500	0,6	0,8	30	8,0	1400	1800	0,5	0,6

1. ЦЕЛЬ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Результатом усвоения теоретических основ гравитационных методов обогащения является умение решать конкретные практические задачи по расчёту основной характеристики минеральных частиц – *гидравлической крупности*, то есть величины конечной скорости свободного (v_0) и стесненного падения ($v_{ст}$) в той или иной среде разделения; времени достижения этих скоростей и пути, проходимом отдельной минеральной частицей от начала движения до достижения конечной скорости падения. Результаты таких расчётов могут быть использованы при расчете основных конструктивных и технологических параметров машин и аппаратов гравитационного обогащения полезных ископаемых и техногенного сырья.

Вторая группа задач, имеющих важное практическое значение, включает в себя построение диаграммы частиц и расчёт шкалы гидравлической (пневматической) классификации сырья известного минералогического состава. Сравнение различных шкал гидравлической классификации с одновременным графическим изображением диаграмм частиц при различных концентрациях твердого в пульпе позволяют оценивать возможности разделения тех или иных минералов гравитационными методами обогащения, выбирать методы обогащения и подбирать оптимальные параметры ведения процесса разделения минералов в том или ином аппарате или машине.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

В основу всех расчетов положено:

1. Характеристики минеральных частиц – параметры, которые влияют на величину скорости падения частицы в среде разделения:

- *крупность частицы*, оцениваемая эквивалентным диаметром ($d_э$) – диаметром шара, равного по объему минеральной частице, м; $d_э = \sqrt[3]{6V_ч/\pi}$, где $V_ч$ – объём частицы, м³.
- *плотность частицы* (δ), кг/м³;
- *форма частицы*, характеризующаяся коэффициентом сферичности – (ω), $\omega = \pi d_э^2/F_ч$, где $F_ч$ – площадь частицы, м².

Все три указанные выше характеристики минеральной частицы объединяются понятием *удельная поверхность частицы* – $S_{уд}$, м²/кг,

которая рассчитывается как отношение площади поверхности частицы к её массе с учетом закона Архимеда:

$$S_{\text{уд}} = 6/(d_{\text{э}}(\delta - \Delta)\omega), \quad (1)$$

где Δ – плотность среды разделения, кг/м³.

2. Характеристики сред разделения. В качестве сред разделения в гравитационных методах обогащения используются: вода, воздух и тяжелые среды. Тяжелые среды имеют плотность больше, чем плотность воды, могут быть однородными – растворы солей и искусственные органические и неорганические жидкости, и неоднородными – суспензии, которые представляют собой пульпу, состоящую из воды и мелких (тонкоизмельченных) естественных или искусственных минералов – утяжелителей.

Среды разделения характеризуются реологическими параметрами: *плотностью* (Δ) в кг/м³ и *вязкостью* (μ), Па·с.

При температуре 18-20 °С и атмосферном давлении 760 мм ртутного столба реологические параметры:

для воды: $\Delta=1000$ кг/м³; $\mu=0,00101$ Па·с;

для воздуха: $\Delta=1,23$ кг/м³; $\mu=0,00002$ Па·с.

Тяжелые среды имеют плотность более 1000 кг/м³ и вязкость более 0,001 Па·с.

3. Силы сопротивления среды. Различают две силы сопротивления среды, действующие на тело: сила динамического (ньютоновского) сопротивления среды ($P_{\text{д}}$) и сила вязкостного (стоксовского) сопротивления среды ($P_{\text{в}}$). Эти силы всегда присутствуют вместе, но доля их участия в общем сопротивлении падающему или движущемуся в среде твердому телу зависит от скорости относительного перемещения тела и среды. Величина этих сил рассчитывается по формулам:

$$P_{\text{д}} = \pi d^2 v^2 \Delta / 16, \quad (2)$$

$$P_{\text{в}} = 3\pi \mu d v. \quad (3)$$

4. Гравитационная сила или вес тела в среде с учетом закона Архимеда рассчитывается как

$$G_0 = \pi d^3 (\delta - \Delta) g / 6. \quad (4)$$

Тело начинает падать в среде под действием силы тяжести с максимальным ускорением $g=9,81$ м/с², но с появлением скорости относительного движения возникает сила сопротивления среды движущемуся телу, и, по мере увеличения скорости падения тела,

сопротивление среды увеличивается до тех пор, пока не наступит равенство

$$G_0 = P_d + P_v \quad (5)$$

При этом падающее тело достигает наибольшей скорости падения и, в дальнейшем, продолжает падать с постоянной скоростью без ускорения. Если минеральная частица падает в неограниченном пространстве среды и ей ничего не мешает падать, то такие условия называют *свободным падением*. Максимальная скорость падения частицы в таком случае называется *конечной скоростью свободного падения*, которая обозначается символом v_0 и рассчитывается, исходя из условия (5) по формуле:

$$v_0 = \frac{4(\delta - \Delta)S_{уд}}{\Delta} \left(\sqrt{\mu^2 + \frac{\Delta g}{(\delta - \Delta)^2 S_{уд}^3}} - \mu \right). \quad (6)$$

Если для какой-либо частицы известна величина v_0 , то можно рассчитать величину её удельной поверхности:

$$S_{уд} = \frac{\sqrt{\Delta^2 v_0^4 + 512\mu g(\delta - \Delta)v_0 - \Delta v_0^2}}{16\mu(\delta - \Delta)v_0}. \quad (7)$$

Время достижения конечной скорости свободного падения (t_0) и путь, проходимый частицей до достижения конечной скорости падения (h_0), рассчитываются по формулам П. В. Лященко:

$$t_0 = \frac{2,5 v_0 \delta}{(\delta - \Delta)g} \quad (8)$$

$$h_0 = \frac{1,8 v_0^2 \delta}{(\delta - \Delta)g} \quad (9)$$

Частицы минералов, отличающиеся по крупности, плотности и форме, но имеющие одинаковую конечную скорость падения называются *равнопадающими*.

Равнопадаемость частиц оценивается отношением эквивалентных диаметров ($d_э$) равнопадающих частиц, всегда большего к меньшему, которое называют *коэффициентом равнопадаемости* – e .

3. ДИАГРАММА ЧАСТИЦ И ПОНЯТИЕ О ШКАЛЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Предположим, что имеем смесь частиц двух минералов плотностью δ_1 и δ_2 , причём $\delta_1 < \delta_2$, максимальная крупность частиц равна $d_{\max}$, коэффициенты формы (ω) равны.

Рассчитаем скорости свободного падения частиц этих минералов для различной крупности, начиная с $d_{\max}$ и постепенно уменьшая эту крупность с определённым небольшим шагом. Затем построим графики зависимостей $v_0 = f(d)$. Такие графики следует строить в логарифмической сетке, так как величины d и v_0 могут иметь весьма широкий диапазон, когда диаметры частиц и скорости их падения отличаются на два и более порядка. Примерные графики приведены на рисунке 1.

На рисунке 1 графическое изображение зависимостей скоростей падения от размеров частей изображено в логарифмической сетке, то есть, $\lg v_0 = f(\lg d)$, но на дополнительных осях показаны абсолютные значения величин v_0 и d (не в масштабе) – оси v_0 и d .

Представим, что вся смесь минералов помещена в восходящий поток воды, скорость которого равна скорости падения минерала плотностью δ_1 и крупностью $d_{\max}$:

$$u_1 = v_{01}.$$

В восходящем потоке с такой скоростью будут «тонуть», то есть двигаться вниз частицы минерала плотностью δ_2 и крупностью в диапазоне $-d_{\max} + d_1$. Этот класс «тяжёлого» минерала назовём *первым гидравлическим классом* (I класс). Он состоит только из зёрен минералов плотностью δ_2 . Таким образом, выделим из общей смеси минеральных частиц первый гидравлический класс, а оставшуюся смесь минералов поместим в восходящий поток воды, имеющий скорость u_2 равную v_{02} – конечной скорости падения частицы плотностью δ_1 и крупностью d_1 . В этом потоке выпадут в осадок частицы плотностью δ_1 в диапазоне крупности $-d_{\max} + d_1$ и частицы плотностью δ_2 в диапазоне крупности $-d_1 + d_2$. Таким образом, осадок составит *второй гидравлический класс* крупности $-d_{\max} + d_2$, который отличается от классов крупности, получаемых рассеиванием на ситах, тем, что в нём крупная часть $(-d_{\max} + d_1)$ представлена зёрнами «лёгкого» минерала (δ_1), а мелкая часть – *равнопадающими* зёрнами «тяжёлого» минерала.

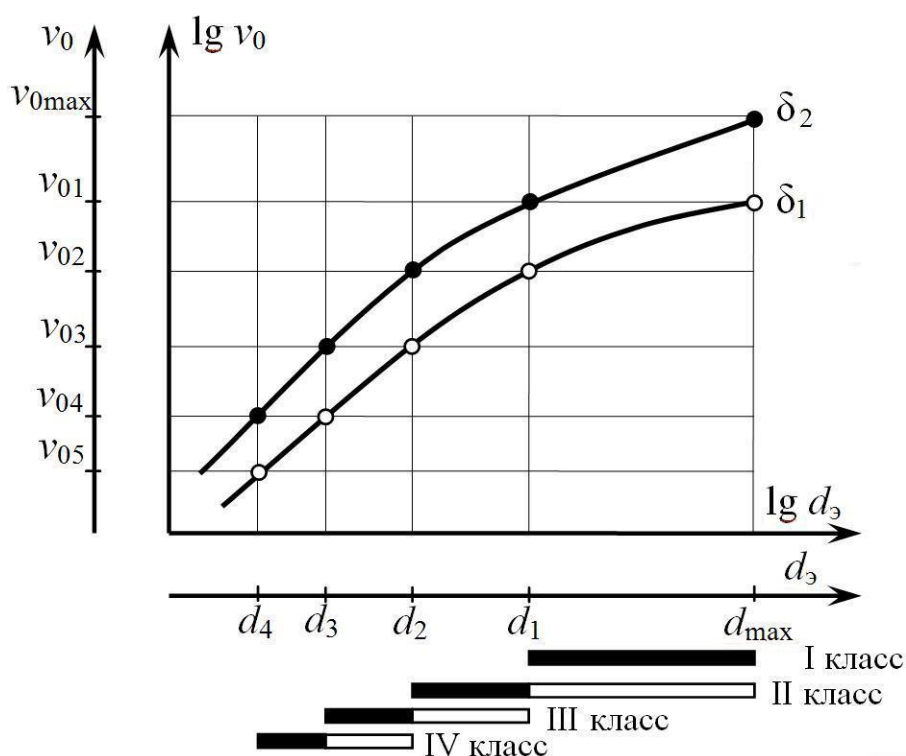


Рисунок 1 – Примерная диаграмма частиц

Эти рассуждения можно продолжать дальше, двигаясь по кривым скоростей падения вниз и определяя крупность гидравлических классов. Такие графические построения и называют *диаграммой частиц*.

Диаграмма частиц наглядно показывает состав и диапазон крупностей гидравлических классов и иллюстрирует понятия: «коэффициент равнопадаемости», «шкала гидравлической классификации», «модуль шкалы гидравлической классификации».

Для приведённого примера коэффициенты равнопадаемости для различных гидравлических классов крупности рассчитывают как

$$e_1 = d_{max} / d_1, e_2 = d_1 / d_2, e_3 = d_2 / d_3 \dots e_n = d_{n-1} / d_n.$$

Шкала гидравлической классификации $v_{01}: v_{02}: v_{03} \dots v_{0n}$, представляет собой *ряд скоростей восходящего потока*, при котором получаются «узкие» гидравлические классы:

$$u_1 = v_{01}; u_2 = v_{02} \dots u_n = v_{0n}.$$

Модулем шкалы гидравлической классификации (m) называют отношение рядом стоящих скоростей восходящего потока (большей к меньшей) в шкале гидравлической классификации:

$$m_1 = v_{01}/v_{02}; m_2 = v_{02}/v_{03}; m_3 = v_{03}/v_{04}, \dots m_n = v_{0n}/v_{0n+1}.$$

Следует иметь в виду, что e и t величины переменные и лишь для частиц в некоторых диапазонах крупности могут иметь примерно одинаковые значения.

4. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ШКАЛЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ СВОБОДНОМ ПАДЕНИИ

Рассмотрим методику расчёта шкалы гидравлической классификации на конкретном примере.

Примем, что исходный продукт состоит из двух минералов.

Исходные данные:

максимальная крупность частиц	$d_{\max}=3,5$ мм;
плотность первого минерала	$\delta_1=2700$ кг/м ³ ;
плотность второго минерала	$\delta_2=5000$ кг/м ³ ;
коэффициент формы первого минерала	$\omega_1=0,72$;
коэффициент формы второго минерала	$\omega_2=0,80$;
плотность среды	$\Delta=1000$ кг/м ³ ;
динамическая вязкость среды	$\mu=0,001$ Па·с.

Внимание: все расчёты рекомендуется выполнять с помощью табличного процессора (MS Excel).

Расчёт шкалы гидравлической классификации следует начинать с расчёта величин удельных поверхностей для частиц для частиц крупностью $d_{\max}$ обоих минералов по формуле (1), м²/кг:

для первого минерала:

$$S_{\text{уд}}^{d_{\max}} = \frac{6}{d_{\max} (\delta_1 - \Delta) \omega_1} = \frac{6}{3,5 \cdot 10^{-3} (2700 - 1000) \cdot 0,72} = 1,4006 ;$$

для второго минерала:

$$S_{\text{уд}}^{d_{\max}} = \frac{6}{d_{\max} (\delta_2 - \Delta) \omega_2} = \frac{6}{3,5 \cdot 10^{-3} (5000 - 1000) \cdot 0,80} = 0,5357 .$$

Затем следует рассчитать величины конечных скоростей падения этих частиц по формуле (6).

Так как эта формула будет использована многократно при расчёте каждого из циклов, необходимо предварительно создать для неё расчётную «маску» в табличном процессоре. Постоянными величинами в формуле будут являться Δ , μ , g , и δ , а переменной – $S_{\text{уд}}$. Причём, величина $S_{\text{уд}}$ будет своей для каждого вновь рассчитанного размера частиц.

Например, для первого минерала расчётная формула будет выглядеть как

$$v_0 = \frac{4 \cdot (\delta_1 - \Delta) \cdot S_{уд}^{d_{\max}}}{\Delta} \left(\sqrt{\mu^2 + \frac{\Delta g}{(\delta_1 - \Delta)^2 (S_{уд}^{d_{\max}})^3}} - \mu \right).$$

Рассчитанные в примере конечные скорости падения частиц составили, м/с

для первого минерала $v_0^1=0,3256$;

для второго минерала $v_0^2=0,5327$.

Полученные величины конечных скоростей падения первого и второго минерала следует сравнить. Меньшая скорость будет соответствовать «лёгкому» минералу.

В примере «лёгким» оказался минерал с меньшей плотностью. Однако, возможен вариант, когда «лёгким» оказывается минерал бóльшей плотности. Если коэффициент формы у частиц минерала (δ_2) будет значительно меньше коэффициента формы частиц минерала плотностью δ_1 , то есть при условиях: $\delta_2 \gg \delta_1$, а $\omega_1 \gg \omega_2$, тогда возможно $v_0^1 < v_0^2$. В этом случае следует считать минерал плотностью δ_2 «лёгким» минералом.

В дальнейшем рекомендуется величины скоростей, соответствующие «лёгкому» минералу обозначать с верхним индексом «л», а «тяжёлому» – «т», например: $v_0^l=0,3256$ м/с; $v_0^t=0,5327$ м/с.

Полученные значения скоростей для крупности $d_{\max}$ будут являться координатами начальных точек кривых на диаграмме частиц для первого и второго минералов.

Координаты всех последующих точек рассчитывают в циклах по следующему алгоритму:

1. Рассчитать конечную скорость падения «лёгкого» минерала v_0^l по формуле (6), м/с

для первого цикла

$$v_{01}^l = \frac{4 \cdot (\delta_1 - \Delta) \cdot S_{уд}^{d_{\max}}}{\Delta} \left(\sqrt{\mu^2 + \frac{\Delta g}{(\delta_1 - \Delta)^2 (S_{уд}^{d_{\max}})^3}} - \mu \right);$$

для второго и всех последующих циклов

$$v_{0n}^{\text{л}} = \frac{4 \cdot (\delta_1 - \Delta) \cdot S_{\text{уд}}^{d_n}}{\Delta} \left(\sqrt{\mu^2 + \frac{\Delta g}{(\delta_1 - \Delta)^2 (S_{\text{уд}}^{d_n})^3}} - \mu \right);$$

2. Рассчитать удельную поверхность равнопадающей частицы «тяжёлого» минерала, имеющую конечную скорость падения равную $v_{0n}^{\text{л}} - S_{\text{уд}}^{\text{т}}$ по формуле (7), м²/кг

$$S_{\text{уд}}^{\text{т}} = \frac{\sqrt{\Delta^2 (v_{0n}^{\text{л}})^4 + 512 \mu g (\delta_{\text{т}} - \Delta) v_{0n} - \Delta (v_{0n}^{\text{л}})^2}}{16 \mu (\delta_{\text{т}} - \Delta) v_{0n}^{\text{л}}}.$$

3. По найденной удельной поверхности равнопадающей частицы найти удельную поверхность равновеликого шара – $S_{\text{уд}}^{\text{т шара}}$, м²/кг

$$S_{\text{уд}}^{\text{т шара}} = S_{\text{уд}}^{\text{т}} \cdot \omega_{\text{т}}.$$

4. Определить размер равнопадающей «тяжёлой» частицы, имеющую конечную скорость падения равную $v_{0n}^{\text{л}}$, мм

$$d_1 = 6 \cdot 10^3 / S_{\text{уд}}^{\text{т шара}} (\delta_{\text{т}} - \Delta).$$

5. Рассчитать коэффициент равнопадаемости:

для первого цикла

$$e_1 = d_{\text{max}} / d_1$$

для второго и всех последующих циклов

$$e_n = d_{n-1} / d_n.$$

6. Начиная со второго цикла, рассчитать модуль шкалы гидравлической классификации:

$$m_1 = v_{01} / v_{02}; m_2 = v_{02} / v_{03}; m_3 = v_{03} / v_{04}, \dots m_n = v_{0n} / v_{0n+1}.$$

7. Цикл завершается расчётом по формуле (1) величины удельной поверхности частицы «лёгкого» минерала с размером d_1 – $S_{\text{уд}}^{d_1}$, м²/кг, которая является исходной величиной для начала расчёта следующего цикла.

Расчёт рекомендуется вести в таблице вида

Номер цикла	$S_{\text{уд}}^{\text{л}}$, м ² /кг	$v_{0n}^{\text{л}}$, м/с	$S_{\text{уд}}^{\text{т}}$, м ² /кг	$S_{\text{уд}}^{\text{т шара}}$, м ² /кг	d_1 , мм	e	m	$S_{\text{уд}}^{d_1}$, м ² /кг
1	1,4006	0,3253	1,3123	1,0498	1,4288	2,45	-	3,4308
2	3,4308	0,1916	2,8778	2,3022	0,651	2,19	1,70	7,5236
3	7,5236	0,1017	5,5124	4,4099	0,3401	1,92	1,88	14,4116
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Рекомендуемое количество циклов не менее 5. Расчёт ведётся до тех пор, пока крупность зёрен минерала не станет меньше 0,02 мм или величина скорости не будет меньше 0,001 м/с.

После завершения расчётов следует составить массивы для построения диаграммы частиц вида $lgv_0=f(lgd)$, $e=f(lgd)$, $m=f(lgd)$.

«Лёгкий» минерал		«Тяжёлый» минерал		Коэффициент равнопадаемости		Модуль шкалы	
lgd_i	lgv_{0i}	lgd_i	lgv_{0i}	lgd	e	lgd_i	m
lgd_{max}	lgv_{01}^I	lgd_{max}	lgv_{01}^I	$(lgd_{max}+lgd_1)/2$	e_1	—	-
lgd_1	lgv_{01}^I	lgd_1	lgv_{01}^I	$(lgd_1+lgd_2)/2$	e_2	lgd_1	m_1
lgd_2	lgv_{02}^I	lgd_1	lgv_{01}^I	$(lgd_2+lgd_3)/2$	e_3	lgd_2	m_2
...	...	...	...	...	...	...	...
lgd_n	lgv_{0n}^I	lgd_n	lgv_{0n-1}^I	$(lgd_n+lgd_{n+1})/2$	e_n	lgd_n	m_{n-1}

Диаграмма частиц при свободном падении в водной среде для приведённого примера представлена на рисунке 2.

При построении зависимостей $e=f(lgd)$ значения lgd_i отмечаются на графике в середине каждого класса. Например, первое значение коэффициента равнопадаемости $e_1=2,45$ отмечается на графике между значениями $lgd_{max}=0,54$ и $lgd_1=0,15$, второе $e_2=2,19$ между $lgd_1=0,15$ и $lgd_2=-0,19$ и так далее.

Зависимость $m=f(lgd)$ строится по точкам, соответствующим $d_1, d_2, d_3, \dots d_n$. Пример зависимостей приведён на рисунке 3.

При расчёте по заданным исходным данным скорость падения тяжёлых частиц VIII класса составила 0,0007 м/с при их крупности 0,02 мм, следовательно, по условиям задачи расчёт можно прекратить.

Результаты расчётов шкалы классификации следует представить в виде рисунков 1, 2 и таблицы 1.

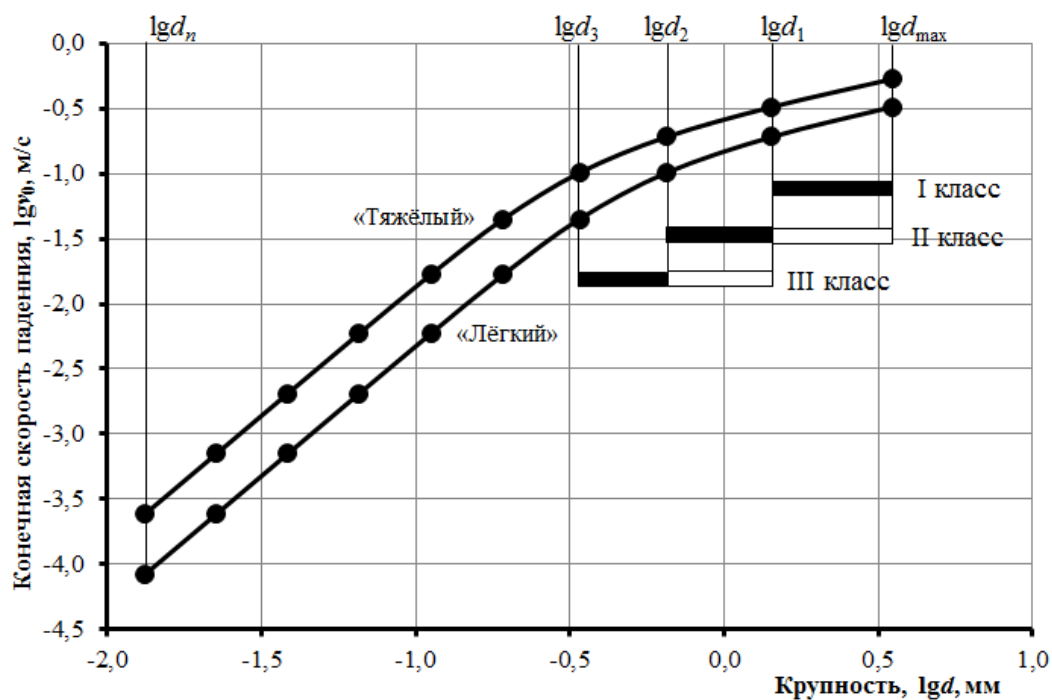


Рисунок 2 – Диаграмма частиц при свободном падении

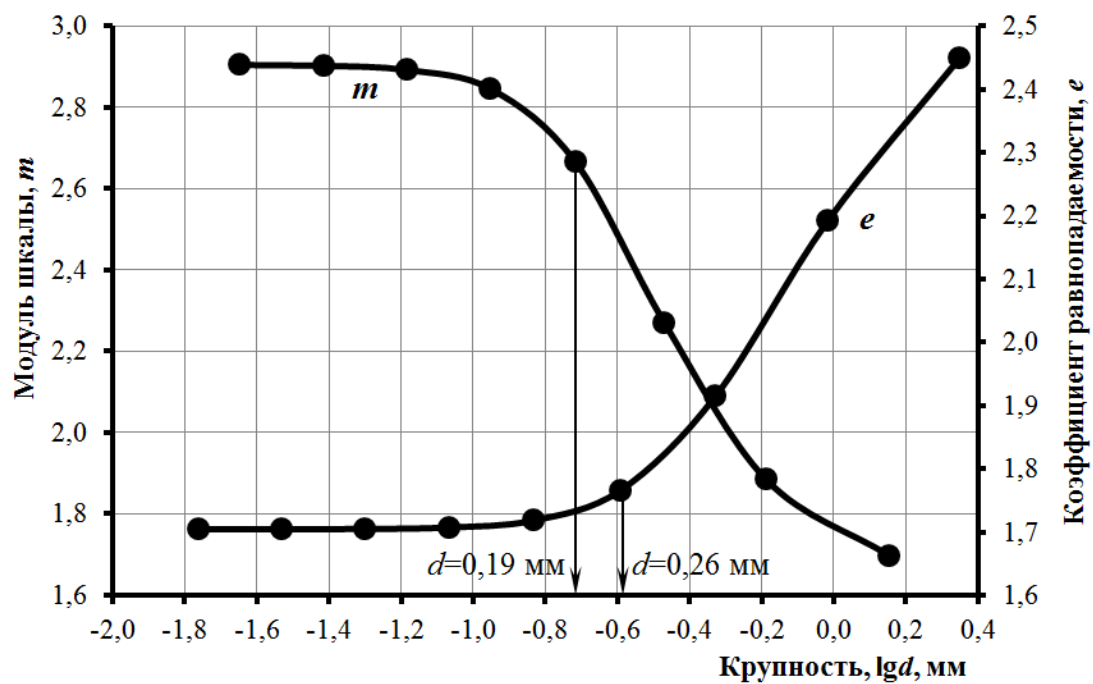


Рисунок 3 – Шкала гидравлической классификации

Таблица 1 – Результаты расчетов шкалы классификации в условиях свободного падения

Гидравлический класс, мм				Шкала классификации, м/с	<i>e</i>	<i>m</i>
№	размер класса	размер «тяжёлых» частиц	размер «лёгких» частиц			
I	$-d_{\max}+d_1$	$-d_{\max}+d_1$	—	v_0^T	—	—
II	$-d_{\max}+d_2$	$-d_1+d_2$	$-d_{\max}+d_1$	v_0^{II}	e_1	—
III	$-d_1+d_3$	$-d_2+d_3$	$-d_1+d_2$	v_{02}^{II}	e_2	m_1
IV	$-d_2+d_4$	$-d_3+d_4$	$-d_2+d_3$	v_{03}^{II}	e_3	m_2
V	$-d_3+d_5$	$-d_4+d_5$	$-d_3+d_4$	v_{04}^{II}	e_4	m_3
VI	$-d_4+d_6$	$-d_5+d_6$	$-d_4+d_5$	v_{05}^{II}	e_5	m_4
VII	$-d_5+d_7$	$-d_6+d_7$	$-d_5+d_6$	v_{06}^{II}	e_6	m_5
VII	$-d_6+d_8$	$-d_7+d_8$	$-d_6+d_7$	v_{07}^{II}	e_7	m_6

Расчёт шкалы гидравлической классификации с построением диаграммы частиц позволяет выбирать и оценивать технологические схемы гравитационного обогащения. Полученные данные помогают правильно выбрать шкалу предварительной классификации исходного продукта перед обогащением, выбирать и сравнивать методы получения классов – грохочением или гидравлической классификацией. Шкала гидравлической классификации в сочетании с анализом распределения полезного минерала по классам крупности, а также при наличии результатов фракционных анализов и диаграммы частиц дают возможность выбрать оптимальную схему обогащения и рассчитать теоретически возможные показатели обогащения. При расчёте параметров процессов гравитационного обогащения и конструктивных размеров машин и аппаратов следует руководствоваться результатами данных расчётов.

5. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТОВ

При анализе полученных результатов прежде всего следует обращать внимание на характер изменения величин «*e*» и «*m*». По рисунку 3 видно, что значение коэффициентов равнопадаемости уменьшается с уменьшением крупности частиц, но для частиц крупностью менее 0,26 мм он остается практически постоянным. Величина модуля шкалы гидравлической классификации, наоборот, с уменьшением размеров минеральных зёрен увеличивается, и для крупностей менее 0,19 мм она практически постоянна. Отсюда можно сделать вывод, что при подготовке к обогащению руды, состоящей из

рассматриваемой смеси минералов, крупную её часть (более 1 мм) следует делить на классы крупности с модулем сит 2,2, а остальную (мелкую часть) лучше делить на гидравлические классы. При таком разделении общее количество классов будет наименьшим.

Предположим, тяжёлый минерал является ценным компонентом, а лёгкий хвостами. Также допустим, что гранулометрическая характеристика смеси лёгкого и тяжёлого минералов имеет прямолинейный вид, а тяжёлый минерал распределён по классам крупности равномерно, то есть тоже имеет прямолинейную характеристику гранулометрического состава. Тогда извлечение тяжёлого минерала (концентрата) в первый гидравлический класс, состоящий только из зёрен тяжёлого минерала составит:

$$\varepsilon = 100 \cdot (d_{\max} - d_1) / d_{\max} = 100 \cdot (3,5 - 1,428) / 3,5 = 59,18 \%.$$

Таким образом, в нашем конкретном случае, при максимальной крупности исходного 3,5 мм, теоретически возможен следующий вариант технологической схемы (рисунок 4):*

Первая операция – гидравлическая классификация с получением следующих гидравлических классов:

I класс: -3,5+1,4 мм – *концентрат* (тяжёлый минерал);

II класс: -3,5+0,7 мм, который при последующем грохочении на сите 1,4 мм разделится на

хвосты (лёгкий минерал) – класс -3,5+1,4 мм

концентрат (тяжёлый минерал) – класс -1,4+0,7 мм;

III класс: -1,4+0,35 мм, который на сите 0,7 мм также можно разделить

хвосты (лёгкий минерал) – класс -1,4+0,7 мм

концентрат (тяжёлый минерал) – класс -0,7+0,35 мм;

IV класс: -0,7+0,2 мм – на обогащение на сотрясательном концентрационном столе с получением концентрата и хвостов.

V класс: -0,35+0,02 мм – обогащение на шламовом сотрясательном концентрационном столе.

Класс -0,02+0 мм – шламы, можно признать отвальными хвостами. Извлечение в них тяжёлого минерала составит

$$\varepsilon = 100 \cdot (0,02 - 0) / 3,5 \approx 0,65 \%.$$

Схема обогащения представлена на рисунке 4.

* На рисунке 4 приведен один из возможных вариантов технологической схемы обогащения. Предложите свой вариант.

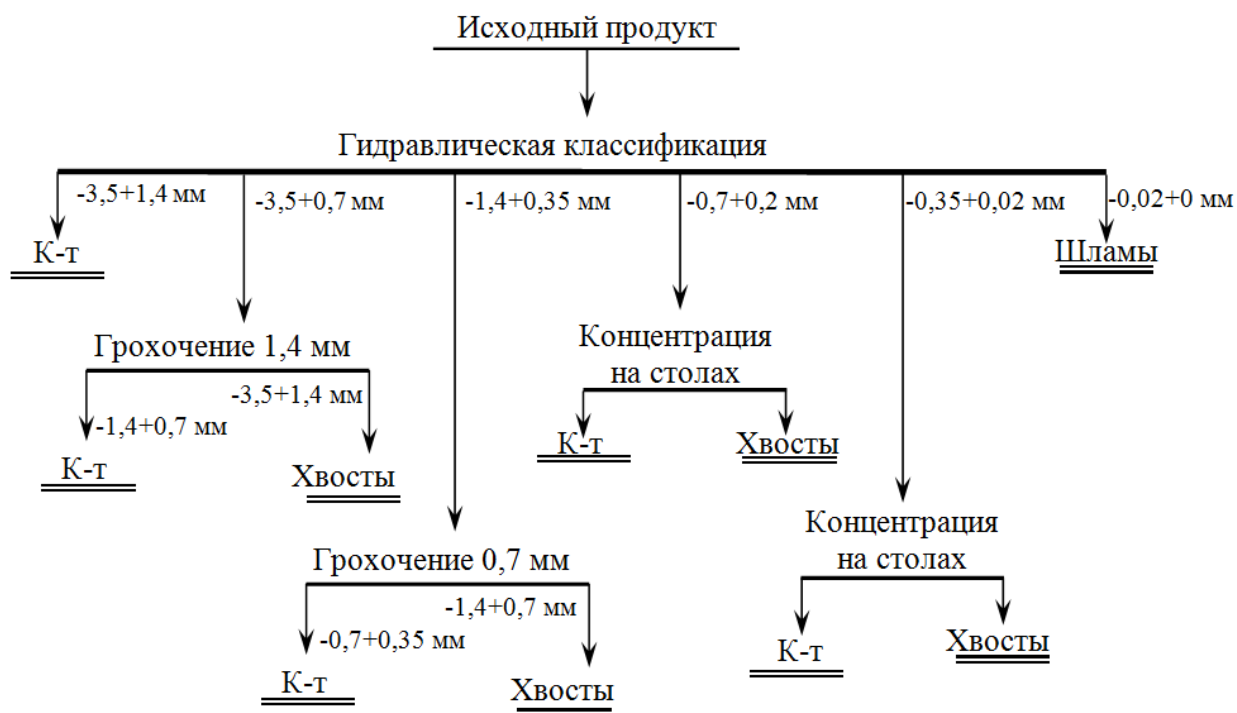


Рисунок 4 – Примерная схема обогащения

Дополнительно можно рассчитать расстояния h_0 , проходимые самыми крупными частицами в классе, и время прохождения этого расстояния до достижения v_{0i} по формулам (8) и (9). Величины h_{0i} и t_{0i} следует учитывать при выборе типа классификатора или при его конструировании. Так как классификаторы обычно имеют обычно 4, 6 или 8 камер, то достаточно рассчитать величины h_{0i} и t_{0i} для первых четырёх (шести) гидравлических классов.



Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный
университет»

Т. Ю. Овчинникова

ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Гравитационные методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения*

Екатеринбург – 2016

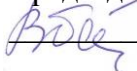
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета

«12» февраля 2016 г.

Председатель комиссии

 проф. В. П. Барановский

Т. Ю. Овчинникова

ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Гравитационные методы
обогащения полезных ископаемых» для студентов
специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Рецензент: *Е. Ф. Цыпин*, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых, доктор технических наук.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «30» ноября 2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Овчинникова Т. Ю.

- О 35** Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения / Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 38 с.

Учебно-методическое пособие написано на основе методических указаний Меринова Н. Ф. «Гравитационные методы обогащения» (2008), которые переработаны и дополнены согласно требованиям Федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Гравитационные методы обогащения полезных ископаемых» (модуль «Обогащительные процессы») и содержит элементы теории, постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений гравитационных методов обогащения и методик оценки обогатимости при их использовании. В пособии приведены пояснения к лабораторным работам, методики их выполнения, обработки результатов и оформления, а также требования к содержанию отчетов по каждой лабораторной работе.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Овчинникова Т. Ю., 2016
© Уральский
государственный
горный университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЁТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВОДЕ	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РУД И МИНЕРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПИКНОМЕТРА	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ МЕЛКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЁРЕН В ВОДЕ	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ.....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. РАБОТА НА ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ.....	18
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОНКОИЗМЕЛЬЧЁННЫХ МИНЕРАЛОВ СИТОВЫМ АНАЛИЗОМ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ (СЕДИМЕНТАЦИОННЫМ АНАЛИЗОМ).....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. РАБОТА НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. РАБОТА НА ВИНТОВОМ СЕПАРАТОРЕ	30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10. РАБОТА НА ПОЛОЧНОМ ВОЗДУШНОМ СЕПАРАТОРЕ	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11. РАБОТА НА ЦЕНТРОБЕЖНОМ КОНЦЕНТРАТОРЕ	35
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	38

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЁТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Отчёт по лабораторным работам представляется преподавателю на проверку в виде сброшюрованной пояснительной записки, оформленной на листах формата А4. После проверки отчёта преподаватель назначает время защиты. Содержание пояснительной записки:

- титульный лист;
- содержание;
- лабораторные работы в порядке их выполнения;
- список использованных источников.

Отчёт является официальным документом и оформляется по определенным правилам, в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95.

Оформление заголовков, рисунков и таблиц следует выполнять так же, как в предлагаемом учебно-методическом пособии.

Лабораторные работы выполняют бригадой в составе 4-6 человек. Бригадир отвечает за дисциплину в бригаде во время выполнения лабораторной работы, получает и сдаёт приборы и материалы, необходимые для выполнения работы, контролирует процесс выполнения работы и обмена данными между членами бригады.

На каждом лабораторном занятии каждый член бригады ведёт рабочую тетрадь, которую представляет по окончании занятия на подпись преподавателю. В рабочей тетради записывают название лабораторной работы, цель и порядок выполнения, перечисляют необходимые материалы, оборудование и инструменты, приводят таблицы с результатами измерений и расчётов.

Чистовой вариант отчёта выполняют на основе записей в рабочей тетради. Отчёт по каждой лабораторной работе начинают с новой страницы. Отчёт содержит порядковый номер и название лабораторной работы, цель и порядок выполнения, необходимые материалы, оборудование и инструменты, таблицы с результатами измерений и расчёты, при необходимости графический материал, включающий в себя зависимости, эскизы и кинематические схемы привода оборудования. Отчёт по лабораторной работе завершают выводом, в котором обсуждают результаты работы, сравнивают значения, полученные экспериментальным и расчётным путём, оценивают эффективность разделения при обогащении.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ЭКВИВАЛЕНТНОГО ДИАМЕТРА КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы – освоение метода определения объёмной плотности (δ) и эквивалентного диаметра (d_3) кусков минералов произвольной формы.

Пояснение к работе

Для определения величин δ и d_3 куса минерала достаточно определить массу куса и его объём. Вычислив отношение массы куса к его объёму, получим плотность минерала. По величине объёма куса можно вычислить диаметр эквивалентного шара (d_3).

Определение массы куса и его объёма производится взвешиванием его в воздухе и погруженным в воду.

Взвешивание выполняют с помощью электронных весов, оборудованных устройством (крючком) для гидростатического взвешивания.

Разность масс куса в воздухе и воде будет численно равна массе воды, вытесненной куском минерала. Приняв плотность воды 1000 кг/м^3 , получим равенство массы воды, вытесненной куском минерала, объёму куса, м^3 . Точность определения массы и объёма куса зависит от точности взвешивания. Поэтому следует особое внимание уделить настройке и регулировке весов.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- куски минералов или материалов (выдаются преподавателем по одному на каждого члена бригады);
- линейка;
- электронные весы;
- стеклянный стакан;
- тонкие нити для подвешивания.

Методика проведения работы

Настраивают и регулируют (уравновешивают) весы.

Каждый кусок минерала обвязывают тонкой нитью с петлёй на конце и подвешивают на крючок электронных весов, полученное значение массы куса является массой в воздухе ($M_{\text{в возд}}$). Затем кусок погружают в наполненный водой стеклянный стакан так, чтобы

кусок был полностью погружён в воду, но не касался стенок и дна стакана. Полученное значение массы является массой куска в воде ($M_{\text{в воде}}$).

Кроме того, необходимо описать внешний вид куска, определить его геометрические размеры ($l \times b \times h$). Определить вид формы куска (шарообразная, округлая, угловатая, продолговатая, пластинчатая, игольчатая). По измеренным геометрическим размерам приблизительно определить площадь поверхности ($F_{\text{куска}}$) как сумму площадей всех граней. Определить размеры (диаметры) куска: среднеарифметический, среднегеометрический, максимальный. Результаты взвешиваний и измерений заносят в таблицу 1.1. Рекомендуется формировать общую таблицу на бригаду, которую в дальнейшем представляют в отчёте.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

Обра- зец	Масса, г		Объём куска, см ³	Геометрические размеры куска, мм			$F_{\text{куска}},$ мм ²	Диаметр куска, мм		
	в воздухе	в воде		l	b	h		$d_{\text{ср}}$	$d_{\text{геом}}$	d_{max}
	$M_{\text{в возд}}$	$M_{\text{в воде}}$								
1	3,825	2,125	1,700	20	25	12	1560	19	18,7	31
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Обработка результатов опытов

Объём воды, вытесненной куском, согласно закону Архимеда, численно равен объёму куска. Для нахождения объёма куска рассчитывают массу (и объём) вытесненной куском воды, г:

$$M_{\text{воды}} = V_{\text{воды}} \rho_{\text{воды}} = M_{\text{в возд.}} - M_{\text{в воде}} = V_{\text{куска}}. \quad (1.1)$$

Плотность куска вычисляют по формуле, г/см³:

$$\delta = M_{\text{в возд}} / V_{\text{куска}}. \quad (1.2)$$

Полученное значение необходимо перевести в единицы СИ, кг/м³.

Для найденной плотности куска необходимо вычислить «эквивалентный» диаметр d_9 (см), определяемый из равенства

$$V_{\text{куска}} = \frac{\pi d_9^3}{6},$$

откуда

$$d_9 = \sqrt[3]{6V_{\text{куска}}/\pi}. \quad (1.3)$$

Полученное значение необходимо перевести в единицы СИ, м. Результаты расчётов записывают в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты расчётов

Обра- зец	$V_{\text{куска}},$ м^3	$\delta, \text{кг/м}^3$	$d_{\text{э}}, \text{м}$	$F_{\text{куска}},$ м^2	$F_{\text{шара}},$ м^2	$\omega^F,$ д. ед.	Удельная поверх- ность, $S_{\text{уд}}, \text{м}^2/\text{кг}$	
							шара	куска
1	$V_{\text{куска1}}$	δ_1	$d_{\text{э1}}$	$F_{\text{куска1}}$	$F_{\text{шара1}}$	ω^F_1	$S_{\text{уд. шара1}}$	$S_{\text{уд. куска1}}$
2	$V_{\text{куска2}}$	δ_2	$d_{\text{э2}}$	$F_{\text{куска2}}$	$F_{\text{шара2}}$	ω^F_2	$S_{\text{уд. шара2}}$	$S_{\text{уд. куска2}}$
...	...	...	..	...	...	...	...	...

Так как те же самые образцы минералов (материалов) будут использованы в лабораторной работе № 2, необходимо выполнить дополнительные вычисления для каждого из образцов, а именно, определить площадь поверхности эквивалентного шара ($F_{\text{шара}}$), коэффициент сферичности куска (ω^F), удельные поверхности эквивалентного шара ($S_{\text{уд. шара}}$) и куска ($S_{\text{уд. куска}}$).

Расчёты следует выполнять по формулам:

Площадь поверхности эквивалентного шара $F_{\text{шара}}, \text{м}^2$:

$$F_{\text{шара}} = \pi d_{\text{э}}^2.$$

Коэффициент сферичности ω^F , д. ед:

$$\omega^F = F_{\text{шара}} / F_{\text{куска}},$$

где $F_{\text{куска}}$ – площадь поверхности куска, м^2 , вычисляемая как сумма площадей поверхностей всех граней куска.

Удельная поверхность эквивалентного шара $S_{\text{уд. шара}}, \text{м}^2/\text{кг}$:

$$S_{\text{уд.шара}} = \frac{F_{\text{шара}}}{V_{\text{куска}} (\delta_{\text{куска}} - 1000)},$$

где δ – плотность куска, кг/м^3 .

Удельная поверхность куска, $S_{\text{уд. куска}}, \text{м}^2/\text{кг}$:

$$S_{\text{куска}} = S_{\text{уд.шара}} / \omega^F.$$

Результаты расчётов записывают в таблицу 1.2. Полученные значения понадобятся при выполнении лабораторной работы №2. Отчёт и вывод у этих работ общие.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВОДЕ

Цель работы – экспериментальное и расчётное определение величин конечных скоростей свободного падения ($v_{0\text{пр}}$ и $v_{0\text{теор}}$) кусков минералов и материалов.

Пояснение к работе

Величина экспериментальной конечной скорости падения ($v_{0\text{пр}}$) вычисляется как отношение расстояния между двумя горизонтальными плоскостями, которое проходит кусок минерала при свободном падении в воде, к времени прохождения этого расстояния. Точность определения величин $v_{0\text{пр}}$ зависит от точности замера времени прохождения высоты и соблюдения условий свободного падения. При анализе полученных результатов следует помнить, что частицы неправильной формы всегда имеют значение $v_{0\text{пр}}$ меньше, чем $v_{0\text{теор}}$ – конечной скорости падения эквивалентного по объёму шара.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- куски минералов и материалов с определёнными в работе № 1 величинами δ и d_3 ;
- труба со смотровыми окнами, доверху заполненная водой (уровень воды в трубе на 2-3 см ниже верхнего среза трубы);
- секундомер;
- мерная линейка или рулетка.

Методика проведения опытов

Включают освещение смотровых окон трубы. Замеряют время падения каждого куска в трубе от верхней до нижней метки. Для этого минерал погружается рукой в воду в центре трубы, затем отпускается. При прохождении минералом верхней отметки включают секундомер, при прохождении нижней – отключают. Время падения каждого куска (T) записывают в таблицу 2.1.

Замеряют расстояние (H) между верхней и нижней метками на трубе. Рассчитывают практические величины $v_{0\text{пр}}$ для каждого куска, м/с:

$$v_{0\text{ пр}} = H/T. \quad (2.1)$$

Полученные значения записывают в таблицу 2.1. Рекомендуется выполнять общую таблицу на бригаду.

Таблица 2.1 – Результаты измерений

Образец	Плотность куска, кг/м ³	Эквивалентный диаметр, м	Путь (высота падения), м	Время падения, с	Практическая скорость, м/с
1	δ_1	$d_{э1}$	H	T_1	$v_{0пр1}$
2	δ_2	$d_{э2}$		T_2	$v_{0пр2}$
...	..	...		...	...

По полученному значению $v_{0пр}$ рассчитывают величину удельной поверхности каждого куска, м²/кг:

$$S_{уд. куска} = \frac{\sqrt{\Delta^2 v_{0пр}^4 + 512\mu g(\delta - \Delta)v_{0пр}} - \Delta v_{0пр}^2}{16\mu(\delta - \Delta)v_{0пр}}, \quad (2.2)$$

где $v_{0пр}$ – практическая скорость падения, м/с; Δ – плотность воды, принять равной 1000 кг/м³; μ – динамический коэффициент вязкости воды, принять равным 0,001 Па·с; g – ускорение свободного падения, принять равным 9,81 м/с².

Полученная величина должна быть близка к удельной поверхности куска, полученной в предыдущей работе.

Так же как и в предыдущей работе, нужно определить коэффициент сферичности частицы ω^v , д. ед.:

$$\omega^v = \frac{S_{уд.шара}}{S_{уд.куска}}, \quad (2.3)$$

где $S_{уд. шара}$ определено в предыдущей работе; $S_{уд. куска}$ вычислено по формуле (2.2).

Полученное значение коэффициента сферичности ω^v необходимо сравнить с коэффициентом ω^F , полученным в предыдущей работе.

Затем, используя значение $S_{уд. шара}$, рассчитывают $v_{0теор}$ по формуле, м/с:

$$v_{0теор} = \frac{4(\delta - \Delta) S_{уд.шара}}{\Delta} \left(\sqrt{\mu^2 + \frac{g \cdot \Delta}{(\delta - \Delta)^2 S_{уд.шара}^3}} - \mu \right). \quad (2.4)$$

Для найденного значения $v_{0пр}$ рассчитывают время (τ_0) достижения конечной скорости падения для каждого образца и путь (h_0), пройденный частицей до достижения этой скорости:

$$\tau_0 = \frac{2,5 v_{0\text{пр}} \delta}{(\delta - \Delta) g}; \quad (2.5)$$

$$h_0 = \frac{1,8 v_{0\text{пр}}^2 \delta}{(\delta - \Delta) g}. \quad (2.6)$$

Результаты всех расчётов записывают в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты расчётов

Образец	$S_{\text{уд. куска}}, \text{ м}^2/\text{кг}$	$\omega^v, \text{ д. ед.}$	$v_{0\text{теор}}, \text{ м/с}$	$\tau_0, \text{ с}$	$h_0, \text{ м}$
1	$S_{\text{уд. куска1}}$	ω^v_1	$v_{0\text{теор1}}$	τ_{01}	h_{01}
2	$S_{\text{уд. куска2}}$	ω^v_2	$v_{0\text{теор1}}$	τ_{02}	h_{02}
...	...	...	...	...	...

Оформление отчёта

По лабораторным работам № 1 и № 2 оформляют единый отчёт, состоящий из двух разделов.

В отчёте представляют все результаты измерений и расчётов в табличной форме (общие таблицы на бригаду), а также расчёты с приведением расчётных формул и результатами измерений на примере индивидуально полученных образцов.

Необходимо привести таблицу для сравнения результатов, полученных в лабораторной работе № 1 и № 2 (таблица 2.3).

В выводе нужно сравнить полученные результаты расчёта и указать на причины различия этих значений.

Таблица 2.3 – Сравнение результатов расчётов

Образец	Удельная поверхность куска, $\text{м}^2/\text{кг}$		Коэффициент сферичности, д. ед.		Конечная скорость падения куска, м/с	
	л/р №1	л/р №2	л/р №1	л/р №2	$v_{0\text{пр}}$	$v_{0\text{теор}}$
1	$S_{\text{уд. куска1}}$	$S_{\text{уд. куска1}}$	ω^F_1	ω^v_1	$v_{0\text{пр1}}$	$v_{0\text{теор1}}$
2	$S_{\text{уд. куска2}}$	$S_{\text{уд. куска2}}$	ω^F_2	ω^v_2	$v_{0\text{пр2}}$	$v_{0\text{теор1}}$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РУД И МИНЕРАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПИКНОМЕТРА

Цель работы – практическое знакомство с одним из методов определения плотности руд и минералов, а именно с определением плотности тонкоизмельчённых материалов.

Пояснение к работе

При использовании этого метода достаточно знать объём пикнометра, массу исследуемого материала, помещаемого в пикнометр, массу воды в объёме пикнометра и массу воды, вытесненной из пикнометра исследуемым минералом. Плотность воды рассчитывают как отношение её массы в объёме пикнометра к объёму последнего ($V_{\text{пик}}$). По массе воды, вытесненной из пикнометра навеской, рассчитывают её объём – отношение этой массы к плотности жидкости. Это и будет объёмом исследуемой навески. Плотность исследуемого материала находят как отношение массы навески исследуемого материала к его объёму.

Перед взвешиванием пикнометра с минералом и жидкостью необходимо тщательным перемешиванием (взбалтыванием) или кипячением полностью удалить пузырьки воздуха из исследуемого материала, иначе плотность его будет определена меньшей, чем действительная.

Результаты исследования зависят от точности взвешивания, поэтому необходимо производить взвешивание с точностью $\pm 0,001$ г.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- пикнометр известного объёма;
- электронные весы;
- исследуемая руда или минерал крупностью 0,1-0 мм (выдаётся преподавателем).

Методика выполнения работы

Перед выполнением работы необходимо составить таблицу результатов измерений (таблица 3.1), куда следует записывать результаты всех взвешиваний. Объём пикнометра в миллилитрах ($V_{\text{пик}}$) указан на нём ($1 \text{ мл} = 1 \text{ см}^3$).

Таблица 3.1 – Результаты измерений

Масса пикнометра, г			
сухого	с материалом	с материалом и водой	с водой
M_1	M_2	M_3	M_4

1. Взвешивают сухой пикнометр. Массу записывают (M_1).

2. В сухой пикнометр помещают исследуемый материал так, чтобы он занимал от четверти до половины объёма пикнометра, после чего взвешивают пикнометр с исследуемым материалом. Массу записывают (M_2).

3. В пикнометр с исследуемым материалом наливают жидкость (воду) так, чтобы смочить материал, но не до полного объёма. Содержимое пикнометра тщательно взбалтывают, затем пикнометр дополняют жидкостью до метки на горлышке пикнометра. Взвешивают пикнометр с материалом и водой. Массу записывают (M_3).

4. Пикнометр освобождают от исследуемого материала, промывают жидкостью (водой), заполняют этой жидкостью до метки и взвешивают. Массу записывают (M_4).

Используя полученные массы, производят расчёты, результаты которых записывают в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчётов

Масса, г				Плотность жидкости, г/см ³	Объём навески, см ³	Плотность материала, г/см ³
навески	воды					
	в пикнометре	в пикнометре с материалом и водой	вытесненной навеской			
$M_{\text{навески}}$	$M_{\text{воды}}$	M'	M''	Δ	$V_{\text{навески}}$	$\delta_{\text{навески}}$

$$M_{\text{навески}} = M_2 - M_1 - \text{масса навески, г};$$

$$M_{\text{воды}} = M_4 - M_1 - \text{масса воды в пикнометре, г};$$

$$M' = M_3 - M_{\text{навески}} - \text{масса воды в пикнометре с материалом и водой, г};$$

$$M'' = M_4 - M' - \text{масса воды, вытесненной навеской, г};$$

$$\Delta = M_{\text{воды}} / V_{\text{пик}} - \text{плотность жидкости (воды), г/см}^3;$$

$$V_{\text{навески}} = M'' / \Delta - \text{объём вытесненной жидкости (объём навески), см}^3;$$

$$\delta_{\text{навески}} = M_{\text{навески}} / V_{\text{навески}} - \text{плотность материала, г/см}^3.$$

Оформление отчёта

В отчёте представляют все результаты взвешиваний и расчёты в табличной форме. Найденные значения плотности материалов необходимо перевести в единицы СИ. По значению найденной плотности и методом визуальной диагностики определить предположительно исследуемый минерал или руду. В выводе указать вид материала (руды).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНЫХ СКОРОСТЕЙ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ МЕЛКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗЁРЕН В ВОДЕ

Цель работы – экспериментальное определение конечных скоростей свободного падения мелкозернистых минералов.

Пояснение к работе

Практическая конечная скорость свободного падения ($v_{0\text{пр}}$) определяется для узкого класса крупности частиц. Поэтому необходимо определить эту величину для первой группы зёрен (3-10 зёрен), имеющих максимальный размер в этом классе крупности. Размер этих зёрен (d_3) следует принимать равным размеру квадратной ячейки сита, через которое прошёл этот класс при просеивании.

При расчёте теоретических значений $v_{0\text{теор}}$ следует рассчитывать $S_{\text{уд}}$ для d_3 по формулам (2.2) и (2.5) соответственно (см. лабораторную работу № 2).

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- исследуемый материал с известной плотностью (выдаётся преподавателем);
- вертикально установленная стеклянная труба, заполненная водой, имеющая верхнюю и нижнюю метки;
- рулетка или мерная линейка;
- секундомер;
- вибровстряхиватель с набором сит.

Методика проведения работы

От исследуемого материала отбирают навеску массой 20-25 г и просеивают на механическом встряхивателе на стандартном наборе сит в течение 10 мин.

Размер наибольших частиц в классе (d_3) принимается равным размеру отверстий верхнего сита, через которое прошёл данный класс крупности.

Каждый полученный класс (кроме первого и последнего) помещают в фарфоровую чашку и смачивают водой.

Порция смоченного материала определённого класса загружается в стеклянную трубу по центру. При прохождении группой первых минералов (3-10 зёрен) верхней отметки включается секундомер; при прохождении нижней – выключается. Такие замеры производятся с каждым классом крупности не менее трёх раз для расчёта средней скорости падения.

Вычисляется фактическая скорость свободного падения v_0 :

$$v_0 = S/t, \quad (4.1)$$

где S – путь, пройденный наиболее крупными частицами каждого класса (расстояние между метками на трубе), м; t – время падения частиц, с.

Средняя практическая скорость свободного падения рассчитывается как среднее арифметическое.

Результаты измерений записывают в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений

Класс крупности, мм	Наибольший размер зерна в классе d_i , м	Путь, пройденный частицами S , м	Время падения частиц t , с	Практическая скорость свободного падения $v_{0пр}$, м/с	
				частная	средняя
$-d_1+d_2$	d_1	S	t_1	v_{01}	$v_{0пр1}$
			t_2	v_{02}	
			t_3	v_{03}	
$-d_2+d_3$	d_2		...	...	$v_{0пр2}$
			...	...	
			...	...	
$-d_3+d_4$	d_3		...	...	$v_{0пр3}$

Приняв плотность воды 1000 кг/м^3 , коэффициент динамической вязкости $0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и ускорение свободного падения $9,81 \text{ м/с}^2$, для наибольшего размера частиц в каждом классе (d_{3i}) рассчитывают:

удельную поверхность шара, $\text{м}^2/\text{кг}$:

$$S_{\text{уд.шара } i} = \frac{6}{d_{3i}(\delta - 1000)};$$

удельную поверхность частицы, $\text{м}^2/\text{кг}$:

$$S_{\text{уд. частицы } i} = \frac{\sqrt{10^6 v_{0\text{пр}i}^4 + 5,023(\delta - 1000)v_{0\text{пр}i} - 1000v_{0\text{пр}i}^2}}{0,016(\delta - 1000)v_{0\text{пр}i}},$$

где $v_{0\text{пр}i}$ – средняя практическая скорость свободного падения, м/с ;
коэффициент сферичности, д. ед.:

$$\omega_i = \frac{S_{\text{уд.шара } i}}{S_{\text{уд.частицы } i}};$$

затем, по универсальной формуле

$$v_{0\text{теор}} = \frac{(\delta - 1000) S_{\text{уд. частицы } i}}{250} \left(\sqrt{10^{-6} + \frac{9810}{(\delta - 1000)^2 S_{\text{уд. частицы } i}^3}} - 0,001 \right)$$

рассчитывают значение теоретической конечной скорости свободного падения, $v_{0\text{теор}}$, м/с , а также время, требуемое для достижения этой скорости, с:

$$\tau_0 = \frac{2,5 v_{0\text{пр}} \delta}{(\delta - 1000) g}$$

и путь, пройденный частицей до достижения этой скорости, м:

$$h_0 = \frac{1,8 v_{0\text{пр}}^2 \delta}{(\delta - 1000) g}.$$

Результаты расчётов записывают в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты расчётов

Наибольший размер зерна в классе d , м	Удельная поверхность $S_{\text{уд}}$, $\text{м}^2/\text{кг}$		Коэффициент сферичности ω , д. ед.	Скорость падения $v_{0\text{теор}}$, м/с	Время τ_0 , с	Путь h_0 , м
	шара	частицы				
d_1	$S_{\text{уд. шара 1}}$	$S_{\text{уд. частицы 1}}$	ω_1	$v_{0\text{теор}1}$	τ_{01}	h_{01}
d_2	$S_{\text{уд. шара 2}}$	$S_{\text{уд. частицы 2}}$	ω_2	$v_{0\text{теор}2}$	τ_{02}	h_{02}
d_3	$S_{\text{уд. шара 3}}$	$S_{\text{уд. частицы 3}}$	ω_3	$v_{0\text{теор}3}$	τ_{03}	h_{03}

Оформление отчёта

В отчёте следует представить все расчёты с приведением формул и результатов замеров.

Дать анализ табличных данных:

- 1) указать ошибки определения значений $v_{\text{опр}}$;
- 2) объяснить причины расхождения практических и теоретических значений скоростей свободного падения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ФРАКЦИОННЫЙ АНАЛИЗ УГЛЯ

Цель работы – практическое знакомство с методикой определения фракционного состава угля и освоение навыка построения кривых обогатимости.

Пояснение к работе

Фракционный анализ угля – это разделение угля по плотности на фракции, осуществляемое в тяжёлых средах с известной плотностью (растворы ZnCl_2 различной концентрации). По выходам различных фракций и их зольностям строят кривые обогатимости, позволяющие решать различные задачи, связанные с выбором и расчётом технологических схем обогащения и параметров процесса обогащения. В данной работе фракционный состав угля определяется студентами, а зольность фракций задаётся преподавателем. По этим данным строятся кривые обогатимости угля по методике /2/.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- набор бачков с растворами хлористого цинка различной плотности; плотность раствора указана на каждом бачке;
- дешламационный бачок с сетчатым дном;
- бачки для ссыпания фракций различной плотности;
- технические весы для взвешивания исходной навески угля и фракций различной плотности;
- сетчатый черпак для снятия всплывших фракций;
- резиновые перчатки для каждого члена бригады.

Методика проведения работы

Методика определения фракционного состава угля подробно описана в ГОСТ 4790-93 (ИСО 7936-92). Исследуемую навеску угля засыпают в дешламатор (бачок с сетчатым дном) и подвергают дешламации орошением сильной струёй воды или встряхиванием дешламатора, после чего дешламатор опускают в бачок с раствором хлористого цинка наименьшей плотности. Всплывшую часть исследуемой навески снимают сетчатым черпаком, давая стечь в бачок

раствору хлористого цинка, и ссыпают в бачок с сетчатым дном, прополаскивают чистой водой, высушивают до воздушно-сухого состояния, взвешивают и массу каждой фракции записывают в рабочую тетрадь. После этого определяют процентный выход её от исходной навески. Плотность данной фракции будет меньше плотности раствора, в котором она всплыла.

Дешламатор вместе с потонувшей частью навески на дне вынимают из первого бачка, дают стечь раствору (в тот же бачок) и переносят в бачок с раствором последующей плотности. Со всплывшей и потонувшей частями поступают так же, как и в предыдущем случае. Плотность зёрен всплывшей части находится в пределах плотности смежных растворов.

Характеристику полученных элементарных фракций следует представить в виде таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Характеристика элементарных фракций

Плотность фракций, кг/м ³	Выход фракции		Массовая доля золы во фракции (зольность), %	Извлечение золы во фракцию, %
	кг	%		
< 1300	m_1	γ_1	A_1^d	ε_1
1300-1400	m_2	γ_2	A_2^d	ε_2
1400-1500	m_3	γ_3	A_3^d	ε_3
1500-1600	m_4	γ_4	A_4^d	ε_4
1600-1700	m_5	γ_5	A_5^d	ε_5
>1700	m_6	γ_6	A_6^d	ε_6
Итого:	Σm_i	$\Sigma \gamma_i = 100$	$\alpha = \Sigma (\gamma_i \cdot A_i^d) / \Sigma \gamma_i$	$\Sigma \varepsilon_i$

Зольность фракций для каждой бригады задаёт преподаватель, извлечение золы в каждую фракцию рассчитывают по формуле, %:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma_i \cdot A_i^d}{\alpha}, \quad (5.1)$$

где γ – выход фракции, %; α – содержание золы в рядовом (исходном) угле, %; A^d – массовая доля золы во фракции, %; ε – извлечение золы во фракцию, %.

Результаты фракционирования пробы угля представляют в табличной форме (таблица 5.2).

Выходы всплывших и потонувших фракций рассчитывают суммированием, зольности – как средневзвешенные.

Таблица 5.2 – Фракционный состав угля

Плотность фракций, кг/м ³	Элементарные фракции, %		Всплывшие фракции, %		Потонувшие фракции, %	
	выход	зольность	выход	зольность	выход	зольность
< 1300	γ_1	A_1^d	γ_1	A_1^d	$\Sigma\gamma_i=100$	α
1300-1400	γ_2	A_2^d	...	...	...	...
1400-1500	γ_3	A_3^d	...	...	...	...
1500-1600	γ_4	A_4^d	...	...	...	...
1600-1700	γ_5	A_5^d	...	...	...	...
> 1700	γ_6	A_6^d	$\Sigma\gamma_i=100$	α	γ_6	A_6^d
Итого:	$\Sigma\gamma_i=100$	α	-	-	-	-

Оформление отчёта

В отчёте приводятся результаты фракционного анализа (см. таблицу 5.2), графические изображения кривых обогатимости с указанием точек, по которым строятся эти кривые. По кривым обогатимости следует определить технологические показатели разделения для заданных преподавателем условий. По виду кривой элементарных фракций и по расчёту коэффициента T сделать вывод об обогатимости угля представленного фракционного состава.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

РАБОТА НА ПОРШНЕВОЙ ОТСАДОЧНОЙ МАШИНЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством поршневой отсадочной машины, регулирование и определение технологических параметров работы машины.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- поршневая отсадочная машина;
- обогащаемый материал (по указанию преподавателя);
- технические весы;
- металлическая линейка;
- мерный цилиндр ёмкостью 1000–2000 см³;
- ёмкость для замера воды (таз, ведро);
- секундомер;
- приёмные ящики для концентрата, промпродукта и породы.

Методика проведения работы

Регулирование работы отсадочной машины при настройке технологического процесса

Открывают краны транспортной и подрешётной воды и заполняют машину водой. Включают привод машины. Равномерно подают исходный материал в загрузочный ящик машины. Во время накопления постели в обоих отделениях машины производят регулирование объема подрешётной и транспортной воды посредством вентилей.

После того как высота постели во втором (промпродуктовом) отсадочном отделении достигнет уровня сливного порога, открывают заслонки окон для разгрузки породы и промпродукта. В момент поднятия заслонки включают секундомер. С этого момента начинается основной опыт. Высота поднятия заслонки первого (породного) отделения устанавливается таким образом, чтобы туда разгружалась только тяжёлая фракция и не попадали зёрна лёгкой. Контроль качества разгружаемой фракции осуществляется визуально. Заслонка второго отделения поднимается на такую высоту, чтобы через сливной порог машины уходила только лёгкая фракция (по визуальному наблюдению).

Работа машины при отрегулированном процессе отсадки

Равномерная загрузка продолжается до тех пор, пока приёмные отделения для тяжёлой и промпродуктовой фракций не заполнятся. На этом опыт заканчивается. В момент окончания загрузки выключают секундомер, привод машины отключают.

Определение технологических параметров отсадочной машины

После выключения машины определяют расход транспортной воды путём её отбора из шланга за определённый промежуток времени. Расход транспортной воды определяется по формуле, м³/ч:

$$W_{\text{тр}} = 3,6 V_t / t, \quad (6.1)$$

где V_t – объём транспортной воды (л), отобранной за время t (с).

Объём воды определяют с помощью мерного цилиндра.

Точно так же определяют общий расход воды. Для этого слив (перелив) отсадочной машины собирают в таз (ведро) и определяют объём собранной воды. Расход подрешётной воды определяют, вычитая из общего расхода расход транспортной воды.

Привод машины выключают. Разгружают полученные продукты обогащения. После естественного дренирования продукты обогащения взвешивают и по их суммарной массе определяют производительность отсадочной машины по исходному продукту, т/ч:

$$Q = 3,6 \cdot \frac{M_{\text{к}} + M_{\text{пп}} + M_{\text{п}}}{t}, \quad (6.2)$$

где $M_{\text{к}}$, $M_{\text{пп}}$, $M_{\text{п}}$ – масса концентрата, промпродукта и породы, кг;
 t – время, с.

Линейкой замеряют размеры отсадочных сит, вычисляют их площадь и рассчитывают удельную производительность, т/(м²·ч):

$$q = Q/F_{\text{отсад}}.$$

Результаты всех измерений заносят в таблицы 6.1 и 6.2. Зольность продуктов обогащения задаёт преподаватель.

Таблица 6.1 – Условия проведения опыта

Расход воды, м ³ /ч			Производительность по исходному, т/ч	Площадь отсадочных сит, м ²	Удельная производительность, т/(м ² ·ч)
общий	транспортной	подрешётной			
$W_{\text{общ}}$	$W_{\text{тр}}$	$W_{\text{подр}}$	Q	F	q

Таблица 6.2 – Технологические показатели отсадки

Наименование продуктов обогащения	Масса, кг	Выход, %	Зольность, %	Извлечение золы, %
Концентрат	$M_{\text{к}}$	$\gamma_{\text{к}}$	$A_{\text{к}}^d$	$\varepsilon_{\text{к}}$
Промпродукт	$M_{\text{пп}}$	$\gamma_{\text{пп}}$	$A_{\text{пп}}^d$	$\varepsilon_{\text{пп}}$
Порода	$M_{\text{п}}$	$\gamma_{\text{п}}$	$A_{\text{п}}^d$	$\varepsilon_{\text{п}}$
Итого:	ΣM_i	$\Sigma \gamma_i = 100$	α	$\Sigma \varepsilon_i$

Анализ продуктов обогащения

В работе следует принять, что промежуточным продуктом при обогащении на лабораторной поршневой отсадочной машине является продукт плотностью 1400-1600 кг/м³. Поэтому каждый продукт обогащения подвергают расслаиванию в тяжёлых жидкостях с плотностью 1400 кг/м³ и 1600 кг/м³ на предмет засорения частицами двух других продуктов. Например, засорение концентрата оценивают по содержанию частиц промпродукта и породы в нём.

Рассмотрим получение фракций с различными плотностями на примере концентрата. Всю массу концентрата, полученного в процессе отсадки, помещают в дешламатор и погружают в ёмкость с

тяжёлой жидкостью с плотностью 1400 кг/м^3 , всплывшую часть взвешивают, полученная фракция является концентратной. Потонувшую часть погружают в ёмкость с тяжёлой жидкостью с плотностью 1600 кг/м^3 , всплывшая часть является промпродуктовой фракцией в концентрате, потонувшая – породной. Полученные фракции взвешивают и вычисляют коэффициенты засорения. Аналогично поступают с остальными продуктами отсадки. Результаты записывают в таблицу 6.3. Коэффициент засорения вычисляют отношением массы какой-либо фракции в продукте к массе всего этого продукта.

Таблица 6.3 – Коэффициенты засорения

Продукт	Масса, кг				Коэффициент засорения		
	про- дукта	фракции					
		концен- тратная	промпро- дуктовая	пород- ная	концен- тратом	промпро- дуктом	поро- дой
Концентрат	M_K	m_K^K	$m_K^{пп}$	$m_K^п$	-	$m_K^{пп} / M_K$	$m_K^п / M_K$
Промпродукт	$M_{пп}$	...	...	...	...	-	...
Порода	$M_п$	...	...	...	...	...	-

Оформление отчёта

В отчёте необходимо привести схематическое изображение отсадочной машины, на которой производился опыт. В отчете приводят все таблицы и расчёты. Необходимо дать краткое описание проведения опыта с указанием методов регулирования процесса отсадки и сделать выводы об эффективности разделения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ТОНКОИЗМЕЛЬЧЁННЫХ МИНЕРАЛОВ СИТОВЫМ АНАЛИЗОМ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ (СЕДИМЕНТАЦИОННЫМ АНАЛИЗОМ)

Цель работы – практическое знакомство с одним из методов гранулометрического анализа – гидравлической классификацией.

Пояснения к работе

Гидравлическая классификация используется для изучения гранулометрического состава тонкоизмельчённых продуктов, в случае, когда использовать ситовый анализ невозможно. Обычно этот метод используют как продолжение ситового анализа.

Исследуемую пробу подвергают ситовому анализу, затем самый мелкий класс ($-0,071+0$ мм) подвергают гидравлической классификации в классификаторе. При гидравлической классификации в восходящем потоке воды, при обеспечении условий свободного падения, происходит разделение минеральных частиц по их гидравлической крупности, т. е. по конечным скоростям свободного падения. При постоянном расходе воды в классификаторе скорость восходящего потока U в каждой камере классификатора будет равна отношению секундного расхода воды к площади сечения камеры.

В первой камере скорость восходящего потока U_1 по величине больше, чем во второй камере (U_2), а во второй – больше, чем в третьей (U_3) и т. д.

Если в первую камеру поместить исследуемую пробу, то по истечении некоторого времени в этой камере останутся частицы, имеющие скорость конечного падения, равную или большую U_1 . Частицы наименьшего размера, оставшиеся в первой камере, характеризуются скоростью конечного падения v_{01} , численно равной U_1 , крупность этих частиц будет равна d_1 . Таким образом, в первой камере останутся частицы класса $+d_1$.

Во второй камере по истечении некоторого времени классификации останутся частицы класса $-d_1+d_2$, имеющие соответственно скорости $v_{01} > U_2$ и $v_{02} = U_2$. В третьей камере останутся частицы класса $-d_2+d_3$ и т. п.

Зная плотность исследуемого минерала и скорости восходящих потоков в каждой камере (U_1, U_2, U_3, U_4), можно рассчитать размеры наименьших частиц, остающихся в каждой камере, т. е. крупности разделения. Эти размеры рассчитываются по методике, приведённой ниже.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- лабораторный гидравлический классификатор;
- исследуемый материал или руда (даётся преподавателем);
- вибровстряхиватель с набором сит, включающим сито с размером отверстий 200 меш (0,071 мм);
- мерный цилиндр объёмом не менее 0,5 л;
- секундомер;
- фарфоровая чаша;
- резиновая трубка длиной не менее 0,5 м.

Методика проведения работы

Пробу исследуемого измельчённого минерала (руды) массой 100-150 г рассеивают на вибровстряхивателе в течение 20 мин. Полученные классы крупности взвешивают. Результаты взвешивания записывают в таблицу 7.1. Класс $-200+0$ меш (0,071-0 мм) после взвешивания помещают в фарфоровую чашку и тщательно смачивают водой так, чтобы смочились все минеральные частицы.

Таблица 7.1 – Гранулометрический состав исследуемой пробы

Класс, мм	Десятичный логарифм (lg) наибольшего размера зёрен в классе	Выход		
		частный		суммарный
		г	%	%
Ситовый анализ				
+0,320 (+48 меш)	-	2,10	3,2	3,2
−0,320+0,230 (48–65 меш)	-0,49	65,63	10,4	13,6
−0,230+0,150 (65–100 меш)	-0,63	20,19	13,6	16,0
−0,150+0,100 (100–150 меш)	-0,82	15,44	16,0	18,8
−0,100+0,071 (150–200 меш)	-1,00	13,13	18,8	62,0
−0,071+0,000	-1,15	11,17	38,0	-
Итого:		127,65	100,00	-
Гидравлическая классификация				
0,071−d _{p1}	-1,15	3,56	12,1	74,1
d _{p1} −d _{p2}	lg (d _{p1})	2,73	9,3	83,4
d _{p2} −d _{p3}	lg (d _{p2})	2,12	7,2	90,6
d _{p3} −d _{p4}	lg (d _{p3})	1,47	5,0	95,6
d _{p4} −0	lg (d _{p4})	1,29	4,4	100,0
Итого:		11,17	38,0	-
Всего:		-	100,0	-

Готовят к анализу гидравлический классификатор.

Замеряют площадь поперечного сечения прямоугольных частей всех камер классификатора (F_i , см²).

Определяют необходимый дебет (расход) воды (D) для первой камеры классификатора с тем расчётом, чтобы крупность разделения (d_1) в восходящем потоке в первой камере для исследуемого минерала составила 0,040-0,060 мм (уточняется преподавателем).

Принимается (по согласованию с преподавателем) коэффициент сферичности частиц в исследуемой пробе (ω).

Задавшись крупностью разделения (d_{p1}) в первой камере, рассчитывают скорость восходящего потока в этой камере (U_1), численно равную скорости свободного падения частицы d_1 . Для этого рассчитывают удельную поверхность частицы d_1 , м²/кг:

$$S_{уд} = \frac{6}{d_1 \cdot (\delta - 1000) \cdot \omega}. \quad (7.1)$$

Рассчитывают величину конечной скорости свободного падения v_0 этой частицы, м/с:

$$v_{01} = \frac{4 \cdot (\delta - 1000)}{1000} S_{уд} \left(\sqrt{10^{-6} + \frac{9,81 \cdot 1000}{(\delta - 1000)^2 S_{уд}^3}} - 10^{-3} \right); \quad (7.2)$$

или, см/с:

$$v_{01}^1 = v_{01} \cdot 100.$$

Рассчитывают дебет (Д) воды, необходимый для создания восходящего потока в первой камере классификатора, равный по величине v_{01}^1 , см³/с:

$$Д = v_{01}^1 \cdot F_1, \quad (7.3)$$

где F_1 – площадь поперечного сечения первой камеры, см².

Устанавливают рассчитанный дебет воды в классификаторе. Для этого классификатор заполняют водой, устанавливают постоянный расход воды, и с помощью мерного цилиндра проверяют правильность установки. Дебет воды корректируют изменением высоты выпускного отверстия шланга, питающего классификатор.

Когда трёхкратным замером будет установлено, что дебет воды в классификаторе близок к расчётному, его регулирование прекращают. Для установленного дебета ($Д_y$) уточняют крупность разделения в первой и остальных камерах. Для этого рассчитывают скорости восходящих потоков:

$$v_{01} = \frac{Д_y}{S_1}; \quad v_{02} = \frac{Д_y}{S_2}, \dots \text{и т. д.}, \quad (7.4)$$

где $Д_y$ – установленный дебет (расход) воды в классификаторе, м³; S_1 и S_2 – площади поперечного сечения первой, второй и т. д. камер классификатора, м².

Затем рассчитывают $S_{уд1}$; $S_{уд2}$ и т. д., м²/кг:

$$S_{уди} = \frac{\sqrt{10^6 v_{01}^4 + 512 \mu g (\delta - 1000) v_{01}} - 1000 v_{01}^2}{16 \mu (\delta - 1000) v_{01}}. \quad (7.5)$$

Наконец, рассчитывают величины крупностей разделения, м:

$$d_{Pi} = \frac{6}{S_{уди} (\delta - 1000) \omega}. \quad (7.6)$$

Производят определение гранулометрического состава класса – 200+0 меш (0,071–0 мм) исследуемой пробы. Для этого в работающий классификатор из фарфоровой чашки постепенно небольшими порциями через стеклянную воронку загружается исследуемая проба вместе с потоком воды.

После загрузки всей пробы классификатор оставляют работать до тех пор, пока во всех камерах вода вновь не станет прозрачной после помутнения. За это время (2–4 часа) в классификаторе осуществляется отмывка частиц класса минус d_{p4} . Конец отмывки дополнительно контролируется с помощью фарфоровой чашки. Для этого чашка наполняется сливом классификатора, затем отстаивается в течение 5–10 минут. После отстаивания вода из чашки осторожно сливается почти полностью. Если при вращении воды на дне чашки будут визуально видны хотя бы несколько твёрдых частиц, то отмывка ещё не закончена. Отсутствие частиц твёрдого на дне фарфоровой чашки укажет на законченность процесса отмывки частиц класса – $d_{p4}+0$ мм.

По окончании процесса классификации подача воды в классификатор прекращается. После отстаивания в течение 10-15 минут большую часть воды из камер классификатора удаляют с помощью сифона (резиновой трубки). Осадок твёрдых частиц в каждой камере вместе с остатком воды разгружают в металлические чашки, камеры промывают небольшими порциями воды (промывы сливают в те же чашки). Полученные классы крупности высушивают в сушильном шкафу, взвешивают, результаты записывают в таблицу 7.1. Массу класса $d_{p4}-0$ мм определяют вычитанием из массы загруженного в классификатор класса 0,071-0 мм массы полученных в осадках классов крупности, г:

$$M_{d_{p4}-0} = M_{0,071-0} - M_{d-4}. \quad (7.7)$$

Определяют десятичный логарифм ($\lg$) значений максимальных размеров зёрен в каждом классе крупности или гидравлическом классе. Найденные значения записывают в таблицу 7.1.

Оформление отчёта

В отчёте следует представить все расчёты с приведением формул и результатов замеров. На основании данных заполненной таблицы построить графики гранулометрического состава исследуемой пробы в полулогарифмической шкале (рисунок 7.1): 1) график част-

ных выходов; 2) график суммарных выходов. Дать характеристику грансостава исследуемой пробы.

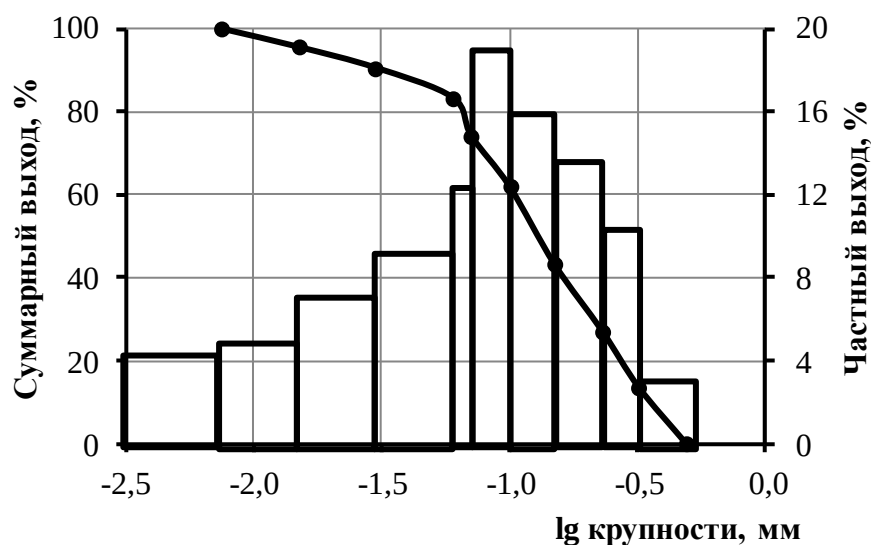


Рисунок 7.1 – Грансостав исследуемой пробы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

РАБОТА НА СОТРЯСАТЕЛЬНОМ КОНЦЕНТРАЦИОННОМ СТОЛЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством концентрационного стола, регулирование и определение технологических параметров работы стола.

Пояснение к работе

Для оперативного регулирования процессом обогащения на столах пользуются изменением скорости и высоты смывного потока, которые зависят от расхода смывной воды и поперечного угла наклона деки стола. Веер продуктов обогащения на деке должен располагаться так, чтобы концентратная часть веера сходила с торца стола, а промпродуктовая и хвостовая – вдоль стола.

Для выполнения данной работы сначала осуществляют настройку процесса. При визуальном наблюдении добиваются хорошего веерообразования продуктов обогащения, регулируя процесс расходом смывной воды и углом поперечного наклона деки, затем проводят основной опыт с последующим расчётом полученных технологических показателей.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- исследуемый материал (выдаётся преподавателем);
- концентрационный стол;
- сосуд для определения расхода воды;
- угломер;
- секундомер;
- мерная линейка;
- фарфоровая чашка;
- лабораторные весы.

Методика проведения работы

Регулирование работы стола при настройке технологического процесса

Для того чтобы провести основной опыт при постоянных параметрах, осуществляется предварительное регулирование основных параметров стола:

- 1) угла наклона стола;
- 2) количества смывной воды и воды для образования пульпы.

Число качаний деки стола в минуту и амплитуда качаний (величина хода стола) в данной работе не регулируются.

Для настройки стола берётся исходный материал в количестве 4-5 кг и осуществляется его обогащение на столе. При этом производится регулировка угла наклона стола и количество подаваемой на стол воды так, чтобы основная масса тяжелых минералов перешла в концентрат. Контроль качества выделяемых хвостов осуществляется с помощью фарфоровой чашки. Для этого в фарфоровую чашку отбирают небольшие порции слива со стола по его периметру, начиная от мест слива шламов и заканчивая точками выхода концентрата. Регулировку параметров стола можно считать законченной, если при изменении угла наклона и количества подаваемой на стол воды уменьшить потери тяжелых минералов с хвостами не удаётся.

После того как процесс будет отрегулирован, прекращается загрузка на стол обогащаемого материала и дорабатывается весь материал с деки стола. После этого начинается основной опыт.

Основной опыт

Для основного опыта берут навеску исходного материала в количестве 7-8 кг. Не изменяя параметров стола, полученных при предварительной регулировке, производят равномерную по времени

загрузку исходного материала на стол. При этом измеряют время загрузки (время работы стола при поступлении исходного материала). При работе стола собирают только концентрат. Массу хвостов определяют из уравнения баланса.

Определение параметров работы стола

После загрузки стол работает до тех пор, пока вся руда не сойдёт с деки стола. Затем стол останавливают и производят замеры:

- 1) расхода воды, подаваемой в загрузочный жёлоб;
- 2) расхода смывной воды;
- 3) амплитуды колебания стола;
- 4) частоты качания стола;
- 5) угла поперечного и продольного наклона деки стола.

Замеры расходов смывной воды и воды, подаваемой в загрузочный жёлоб, осуществляют с помощью любой ёмкости для сбора воды, секундомера и мерного цилиндра. Амплитуду качаний стола измеряют зарисовкой диаграммы движения деки на листе бумаги. Для этого линейкой измеряют расстояние между двумя максимальными пиками, полученное значение делят пополам. Частоту качаний стола в минуту определяют с помощью секундомера и зарисованной диаграммы движения деки стола. Диаграмму необходимо привести в отчёте. Углы продольного и поперечного наклона деки стола фиксируют с помощью угломера трёхкратным замером. За действительный угол наклона деки принимается среднее арифметическое трёх замеров.

Обработка результатов опытов

Производительность стола определяют по формуле, т/ч:

$$Q = 3,6 \, q/t, \quad (8.1)$$

где q – навеска руды для основного опыта, кг; t – длительность загрузки исходного материала на столе, с.

Расход воды, подаваемой в загрузочный жёлоб, м³/ч:

$$W_3 = 3,6 \, V/t, \quad (8.2)$$

где V – количество воды, поступающей в загрузочный жёлоб за время t , л; t – продолжительность отбора воды V_1 , с.

Отношение Т:Ж в питании определяется как Q / W_3 .

Расход смывной воды, м³/ч:

$$W_C = 3,6 \, V_1/t_1.$$

где V_1 – количество воды, поступающей в жёлоб смывной воды за время t_1 , л; t_1 – продолжительность отбора воды V_1 , с.

От полученных концентрата и хвостов отбирают пробы по 100-150 г, высушивают, определяют их плотность с помощью пикнометра и рассчитывают коэффициент контрастности как отношение плотности полученных концентрата и хвостов:

$$K = \delta_k / \delta_x,$$

где δ_k , δ_x – плотности тяжёлого и лёгкого продуктов разделения соответственно, определяемые с помощью пикнометра.

Оформление отчёта

В начале отчёта должна быть сформулирована цель работы.

Необходимо привести схематичное изображение концентрационного стола. Результаты опыта, результаты расчётов и замеров записывают в таблицы 8.1, 8.2.

Таблица 8.1 – Условия проведения опыта

Расход воды, м ³ /ч		Производительность по исходному, т/ч	Амплитуда качаний деки, мм	Частота качаний деки, мин ⁻¹	Отношение Т:Ж в питании	Угол наклона деки стола, град.	
смывной	подаваемой в загрузочный жёлоб					продольный	поперечный
W_C	W_3	Q	A	n	Q / W_3	φ_1	φ_2

Таблица 8.2 – Технологические показатели обогащения на концентрационном столе

Наименование продуктов обогащения	Масса, кг	Выход, %	Массовая доля, %	Извлечение, %	Плотность, кг/м ³
Концентрат	M_k	γ_k	β	ε_k	δ_k
Хвосты	M_x	γ_x	ϑ	ε_x	δ_x
Итого:	ΣM_i	$\Sigma \gamma_i = 100$	α	$\Sigma \varepsilon_i$	К

В выводе следует проанализировать полученные результаты, приведя значения коэффициента контрастности (К), степени концентрации и извлечения тяжёлых минералов в концентрат.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

РАБОТА НА ВИНТОВОМ СЕПАРАТОРЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством и принципом действия винтового сепаратора, а также регулирование процесса обогащения на нём.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- винтовой сепаратор с приёмником для продуктов обогащения;
- обогащаемый материал (по указанию преподавателя);
- секундомер;
- сосуд для определения расхода воды;
- металлическая линейка;
- фарфоровая чашка.

Методика проведения работы

Настройка сепаратора

Необходимо отрегулировать количество воды, подаваемой в питающий жёлоб для транспортирования исходного материала, и количество смывной воды, подаваемой с внутреннего борта сепаратора перед отсекателями.

Предварительную регулировку положения отсекателей выполняют так, чтобы ширина потока подаваемой в сепаратор воды была не меньше расстояния от внутреннего жёлоба до наружного вертикального борта сепаратора.

Работа сепаратора

Постепенно открывают шибер питателя бункера и одновременно в бункер подают воду для разжижения питания. Количество исходной пульпы, подаваемой в сепаратор, должно быть достаточным для равномерного распределения материала по всей ширине потока воды.

Одновременно с изменением количества пульпы вновь регулируют количество смывной воды, подаваемой с внутреннего борта сепаратора, и положение отсекателей. Отсекатели устанавливают таким образом, чтобы в первом разгрузочном (концентратном) отверстии получить относительно чистый концентрат (по визуальному наблюдению). Отсекатели второго и третьего разгрузочных отверстий (промпродуктовых) регулируют чистоту хвостов в сливе. Каче-

ство хвостов контролируют отбором проб с помощью фарфоровой чашки и визуального контроля.

После того как параметры сепаратора будут отрегулированы, ёмкости для сбора концентрата и промпродуктов разгружаются и проводится основной опыт.

Проведение опыта

Для основного опыта берётся навеска исходного материала в количестве 7-8 кг. Часть навески загружается в бункер сепаратора. Начало подачи материала в сепаратор отмечается по часам или включением секундомера. По мере разгрузки оставшийся исходный материал догружается в бункер. После выработки питания секундомер останавливается, фиксируется окончание опыта. При проведении основного опыта параметры работы сепаратора остаются постоянными и не регулируются. По окончании опыта из приёмников концентрата и промпродуктов сливают воду. Полученные продукты взвешивают. Данные заносят в таблицу 9.1. От каждого из полученных продуктов отбирают пробу массой 150-180 г. Пробы высушивают, и с помощью пикнометра определяют их плотности для расчёта коэффициента контрастности. Данные о массовой доле ценного компонента в продуктах обогащения задаёт преподаватель.

Таблица 9.1 – Технологические показатели обогащения на винтовом сепараторе

Наименование	Масса, кг	Выход, %	Массовая доля ценного компонента, %	Извлечение, %	Плотность, кг/м ³
Концентрат	M_k	γ_k	β	ε_k	δ_k
Промпродукт 1	$M_{пп1}$	$\gamma_{пп1}$	$\beta_{пп1}$	$\varepsilon_{пп1}$	$\delta_{пп1}$
Промпродукт 2	$M_{пп2}$	$\gamma_{пп2}$	$\beta_{пп2}$	$\varepsilon_{пп2}$	$\delta_{пп2}$
Хвосты	M_x	γ_x	ϑ	ε_x	δ_x
Исходный продукт	ΣM_i	100,00	α	100,00	δ

По окончании опыта замеряют следующие параметры сепаратора:

- 1) средний диаметр винтового жёлоба;
- 2) шаг спирали жёлоба;
- 3) расход смывной воды, подаваемой перед каждым из отсека-
- телей, и расход воды, подаваемой в начало жёлоба (транспортной);
- 4) отношение Т:Ж в питании.

Расход смывной воды, транспортной воды, а также воды, подаваемой для разжижения твёрдого, замеряется путём отбора сливающейся из жёлоба воды за единицу времени в следующей последовательности:

- 1) при всех открытых кранах и зажимах;
- 2) при отключении воды, подаваемой в начало жёлоба;
- 3) при отключении сливной воды, подаваемой с внутреннего борта перед последним отсекателем, и т. д.

Расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$W = 3,6 V/t,$$

где V – объём воды, поступающей за единицу времени t , л; t – время проведения опыта, с.

Производительность сепаратора, $\text{т}/\text{ч}$:

$$Q = 3,6 q/t,$$

где q – навеска руды для опыта, кг; t – время проведения опыта, с.

Оформление отчёта

В отчёте следует привести в виде рисунка эскиз сепаратора и указать способы регулирования процесса обогащения в нем. Приводят краткое описание хода выполнения работы. Условия проведения опыта приводят в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Условия проведения опыта

Диаметр спирали жёлоба, м	Шаг спи- рали жё- лоба, м	Число витков винтового жёлоба	Произво- дительно- сть по исходно- му, $\text{т}/\text{ч}$	Т:Ж в питании	Расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$				
					транспортной	перед			общий
						первым отсекателем	вторым отсекателем	третьим отсекателем	
D	s	n	Q	Q/W	W_T	W_1	W_2	W_3	W

В конце отчёта следует дать анализ полученных результатов. Для этого использовать следующие показатели: контрастность полученных продуктов по плотности, степень концентрации, извлечение тяжёлых минералов в концентрат и промежуточные продукты.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

РАБОТА НА ПОЛОЧНОМ ВОЗДУШНОМ СЕПАРАТОРЕ

Пояснение к работе

Воздушные сепараторы используют при обогащении руд, зёрна которых отличаются по форме (например, слюдосодержащие руды). Процесс разделения минералов основан на различии в скоростях витания пластинчатых частиц слюды и округлых зёрен породы. Воздушный сепаратор состоит из полочного устройства, включающего разгонную пластину разделительной камеры, и всасывающей воздушной камеры. Полочное устройство предназначено для предварительной стратификации минералов перед вводом в рабочую камеру. Угол наклона разгонной пластины зависит от коэффициентов трения разделяемых минералов. Для эффективного разделения целесообразно проводить предварительную классификацию обогащаемой руды. При сходе с полочного устройства в разделительную камеру пластины слюды и породные зёрна падают по разным траекториям. Благодаря налагаемому воздействию воздушного потока, отсасываемого в направлении под полку, усиливается различие в траекториях движения частиц. Пластины слюды увлекаются в циклон, остальная часть при помощи шибера делится на три продукта: породу, промпродукт 1 и промпродукт 2. Порода выводится из процесса воздушной сепарации, промпродукт 1, содержащий сростки слюды и породы, поступает на доизмельчение и повторное обогащение, промпродукт 2, состоящий из чешуек слюды с некоторым количеством породы, возвращается в процесс воздушной сепарации как циркулирующий продукт. Скорость воздушного потока регулируется с помощью заслонки.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- исследуемый материал (выдаётся преподавателем);
- воздушный полочный сепаратор с вентилятором;
- рулетка или мерная линейка;
- секундомер;
- угломер;
- анемометр;
- лабораторные весы.

Методика проведения работы

Настройка сепаратора

Устанавливаются заданные параметры (углы наклона полки и трамплина). В бункер сепаратора загружается навеска исследуемого материала (2-3 кг). Включается вентилятор и на полочное устройство сепаратора подаётся исходный материал. Во время движения материала производится регулировка процесса изменением скорости воздушного потока и положения шиберов. После регулировки параметров сепаратора приёмники для сбора продуктов разгружают и начинают основной опыт.

Проведение опыта

Для основного опыта берётся навеска исходного материала в количестве 5 кг. Навеска загружается в бункер сепаратора. С помощью секундомера определяется продолжительность опыта. При проведении основного опыта параметры работы сепаратора остаются постоянными.

По окончании опыта из приёмников разгружают полученные продукты (концентрат, промежуточные продукты и хвосты) и взвешивают. Полученные результаты разделения записывают в таблицу 10.1, условия проведения опыта – в таблицу 10.2.

Таблица 10.1 – Технологические показатели разделения на полочном воздушном сепараторе

Наименование продуктов	Выход		Массовая доля полезного компонента, %	Извлечение, %	Насыпная плотность, кг/м ³
	кг	%			
Концентрат	M_k	γ_k	β	ε_k	ρ_k
Промпродукт 1	$M_{пп1}$	$\gamma_{пп1}$	$\beta_{пп1}$	$\varepsilon_{пп1}$	$\rho_{пп1}$
Промпродукт 2	$M_{пп2}$	$\gamma_{пп2}$	$\beta_{пп2}$	$\varepsilon_{пп2}$	$\rho_{пп2}$
Хвосты	M_x	γ_x	ϑ	ε_x	ρ_x
Исходный продукт	ΣM_i	100,00	α	100,00	K

Таблица 10.2 – Условия проведения опыта

Длина полки, см	Длина трамплина, см	Ширина полки, см	Удельная производительность, т/(ч·м)	Угол наклона, град.		Скорость воздуха, м/с
				полки	трамплина	
L_p	L_t	B	q	φ_p	φ_t	v

Обработка результатов опыта

Производительность сепаратора, т/ч:

$$Q = 3,6 P/t, \quad (10.1)$$

где P – навеска руды для основного опыта, кг; t – длительность загрузки исходного материала в сепаратор, с.

Удельная производительность, т/(ч·м):

$$q = Q/B, \quad (10.2)$$

где B – ширина полки сепаратора, м.

Скорость воздушного потока измеряют при помощи анемометра и пересчитывают по тарировочному графику. Насыпные плотности исходного и получаемых продуктов определяют взвешиванием данных продуктов после определения объема, занимаемого материалом, в мерном цилиндре.

Оформление отчёта

Необходимо привести в виде рисунка схематичное устройство полочного воздушного сепаратора. Привести полученные результаты, проанализировать их.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

РАБОТА НА ЦЕНТРОБЕЖНОМ КОНЦЕНТРАТОРЕ

Цель работы – практическое знакомство с устройством и принципом действия центробежного концентратора.

Пояснение к работе

Центробежные концентраторы находят применение для извлечения мелко- и тонкодисперсных частиц повышенной плотности, например, при переработке руд драгоценных металлов.

Принцип действия безнапорных центробежных сепараторов основан на разделении в пульпе частиц по плотности в центробежном поле, создаваемом за счёт вращения конусной чаши с пазами. При вращении чаши центробежная сила прижимает тяжёлые частицы к стенкам чаши, и они оседают в пазах концентратора, лёгкие частицы вместе с жидкой фазой поднимаются по боковым стенкам конусной чаши вверх, выбрасываются внутрь корпуса и удаляются из концентратора.

При работе центробежного концентратора под действием центробежной силы в пазы осаждаются не только тяжёлые, но и круп-

ные лёгкие частицы. Если не принимать никаких мер, то пазы быстро запрессовываются лёгкой фракцией, стенки чаши становятся практически гладкими и процесс накопления тяжёлых частиц прекращается. Для обеспечения эффективного разделения минералов в центробежных концентраторах осуществляется разрыхление материала в пазах конусной чаши, которое исключает запрессовку пазов и способствует удалению из них лёгких частиц.

Необходимые материалы, оборудование и инструменты

- центробежный концентратор;
- лабораторные весы;
- материал для обогащения – смесь кварцевого песка и пиритного концентрата одинаковой крупности (выдаётся преподавателем);
- анализатор проб;
- секундомер;
- сосуд для измерения расхода воды.

Методика проведения работы

Бригады получают одинаковые пробы исходного материала с заданной массовой долей пиритного концентрата.

Разделение на центробежном сепараторе выполняют при различном (заданной преподавателем) значении расхода разрыхляющей воды. Каждая из бригад выполняет опыт при индивидуально заданном режиме разделения.

В начале работы необходимо подключить концентратор к однофазному источнику электропитания 220 В и к источнику водоснабжения.

Запускают двигатель и с помощью частотного преобразователя устанавливают частоту вращения конусной чаши. Открывают кран для подачи в концентратор транспортной воды. С помощью мерного цилиндра определяют расход транспортной воды. Каждая из бригад придерживается одного и того же значения расхода транспортной воды.

Через турбулизатор при заданном для каждой бригады давлении подаётся разрыхляющая вода. Исходное питание подаётся в приёмную воронку концентратора. В момент начала подачи питания включают секундомер, отмечая начало опыта.

По окончании загрузки питания секундомер выключают. Затем осуществляют промывку материала в пазах разрыхляющей водой,

определив при этом время промывки. После промывки прекращают подачу транспортной и разрыхляющей воды в концентратор, затем останавливают чашу и с помощью рычага поднимают клапан на дне чаши. Частотным преобразователем устанавливают небольшую частоту вращения конуса, с помощью разрыхляющей воды осуществляют вымывание из пазов тяжелой фракции, которая через специально предусмотренные отверстия удаляется из центробежного концентратора в приёмник концентрата.

Полученные в ходе опыта продукты разделения высушивают в сушильном шкафу, взвешивают, определяют их плотность с помощью пикнометра, вычисляют коэффициент концентрации. От каждого продукта отбирают навеску для анализа продуктов по массовой доле железа на рентгенофлуоресцентном сепараторе. Результаты разделения приводят в таблице 11.1. Условия проведения опыта приводят в таблице 11.2.

Обработка результатов опыта

Производительность сепаратора, т/ч:

$$Q = 3,6 q/t, \quad (11.1)$$

где q – масса исходной пробы, кг; t – время опыта, с.

Расход транспортной воды, м³/ч:

$$W_{\text{тр}} = 3,6 V/t, \quad (11.2)$$

где V – объём воды, см³; t – время, за которое набран объём V , с.

Таблица 11.1 – Технологические показатели разделения на центробежном концентраторе

Наименование продуктов	Выход		Массовая доля полезного компонента, %	Извлечение, %	Плотность, кг/м ³
	кг	%			
Тяжёлая фракция	M_k	γ_k	β	ε_k	δ_k
Лёгкая фракция	M_x	γ_x	ϑ	ε_x	δ_x
Исходный продукт	ΣM_i	100,00	α	100,00	δ

Таблица 11.2 – Условия проведения опыта

Частота вращения чаши, мин ⁻¹	Расход транспортной воды, м ³ /ч	Расход разрыхляющей воды, м ³ /ч	Производительность, т/ч	Т:Ж в питании
n	$W_{\text{тр}}$	W_p	Q	$Q/W_{\text{тр}}$

Расход разрыхляющей воды W_p определяют по графику зависимости расхода воды от давления в турбулизаторе.

Оформление отчёта

В отчёте следует привести эскиз центробежного концентратора, краткое описание опыта. Результаты опытов представить в виде зависимостей $\gamma_k=f(W_p)$, $\beta=f(W_p)$, $\varepsilon_k=f(W_p)$, в выводе проанализировать влияние расхода разрыхляющей воды на получаемые результаты разделения, определить его оптимальное значение для обогащаемого материала.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шохин, В. Н.* Гравитационные методы обогащения: учебник / В. Н. Шохин, А. Г. Лопатин – М.: Недра, 1993. – 350 с.
2. *Меринов, Н. Ф.* Гравитационные методы обогащения: конспект лекций / Н. Ф. Меринов – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горного ун-та, 2005. – 205 с.
3. *Меринов, Н. Ф.* Гравитационные методы обогащения: методические указания / Н. Ф. Меринов. – 2-е изд., исправл. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. – 31 с.

Учебное издание

Татьяна Юрьевна Овчинникова

**ГРАВИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ
ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности
130405 - «Обогащение полезных ископаемых» (ОПИ)
направления – 21.05.04 «Горное дело»

Редактор Устьянцева Л. В.

Компьютерная вёрстка *Т. Ю. Овчинниковой*

Подписано в печать 08.02.2016 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 2,375. Уч.-изд. л. 1,4. Тираж 100 экз. Заказ №13

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.09 ФЛОТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

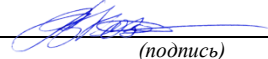
форма обучения: очная, заочная

Автор: Бекчурина Е. А., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Б1.В.10 ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

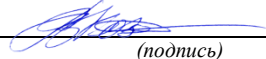
форма обучения: очная, заочная

Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный
горный университет»**

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

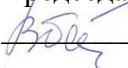
*Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения*

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета
«22» ноября 2018 г.

Председатель комиссии
 проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Рецензент: *А. Е. Пелевин*, доктор технических наук,
профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 8 ноября 2018 г. (протокол № 3) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю.

- Ц 96** Информационные методы обогащения полезных ископаемых: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Информационные методы ОПИ» для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения /Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 34 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Информационные методы ОПИ» и содержит элементы теории, постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений информационных методов обогащения и методик оценки обогатимости при их использовании.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ.....	4
Лабораторная работа № 1 КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕПАРАТОРА.....	11
Лабораторная работа № 2 ВЫБОР АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРЬЯ НА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ СЕПАРАТОРЕ.....	15
Лабораторная работа № 3 ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА (ПАРАМЕТРА РАЗДЕЛЕНИЯ) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ КУСКА В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ.....	22
Лабораторная работа № 4 ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ НА ВЕЛИЧИНУ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА.....	24
Лабораторная работа № 5 СЕПАРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА	26
Лабораторная работа № 6 ИСПЫТАНИЯ ОБОГАТИМОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ .	29
Лабораторная работа № 7 ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КУСКОВ СОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА	30
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	34

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Характеристики (свойства) вещества, используемые для измерений в информационных методах, определяются элементным, изотопным, минеральным составами, особенностями текстуры и структуры, характером минерализации, состоянием поверхности и многими другими факторами.

Информационные методы отличаются от прочих несколькими свойствами только им весьма ценных возможностей. Среди них: возможность разделения по признакам, весьма тесно связанным с содержанием элементов; возможность использования комплексных разделительных признаков, обеспечивающих качественную идентификацию минеральных фаз; возможность учёта в алгоритмах принятия решения содержаний нескольких элементов с учётом их промышленной ценности; возможность использования при разделении в одной технологической операции различных разделяемых фаз по нескольким физическим свойствам, что в прямых методах обогащения или просто невозможно, или требует развёрнутых технологических схем.

Среди информационных методов особое место занимают рентгеновские и гамма-методы. Основные процессы взаимодействия рентгеновского и γ -излучений со средой – это фотоэлектрическое поглощение на электронных оболочках или на ядрах атомов, рассеяние на электронах, образование пар электрон-позитрон, при больших энергиях квантов – захват с делением ядра (ядерный фотоэффект).

Процессы поглощения сопровождаются испусканием характеристического рентгеновского излучения, оже-электронов (фотоэффект), испусканием электронов и позитронов (образование пар), нейтронов (фотоядерный эффект). Рассеяние сопровождается изменением направления движения и энергии γ -квантов или испусканием элементарных частиц.

Прошедшее через вещество γ -излучение ослабляется главным образом за счёт фотопоглощения на электронных оболочках (фотоэффект), иногда за счёт фотопоглощения на ядрах атомов с испусканием нейтронов (фотоядерный эффект), когерентного и некогерентного рассеяния на электронах (комптоновское рассеяние преобладает над прочими видами рассеяния), образования пар электрон-позитрон как на ядре, так и на электронах.

Процесс, когда γ -квант взаимодействует с одним из электронов и при этом полностью поглощается атомом, а его энергия тратится на

преодоление связи электрона и удаление его из атома, называется *фотоэлектрическим поглощением* или *фотоэффектом*. При этом электрон выбрасывается за пределы атома с энергией

$$E_e = E_\gamma - E_q,$$

где E_γ – энергия γ -кванта; E_q – энергия связи электрона (потенциал ионизации оболочки атома).

Если энергия γ -кванта больше энергии связи наиболее близкого к ядру электрона, то фотоэффект может происходить на любой электронной оболочке атома. Максимальную вероятность поглощения кванта имеют наиболее сильно связанные электроны. Фотоэлектрический коэффициент поглощения на K -оболочке в несколько раз больше подобного коэффициента на всех остальных.

Поскольку электроны, окружающие ядра атомов, располагаются на отдельных энергетических уровнях (K -, L -, M - и т. д.), при удалении одного из электронов атом оказывается в возбуждённом состоянии. Он возвращается в нормальное состояние практически мгновенно (10^{-16} – 10^{-7} с) путём целого каскада последовательных переходов электронов с одного уровня на другой с постепенным снижением энергии перехода. В результате таких переходов избыток энергии атома теряется за счёт испускания фотонов, образующих характеристическое рентгеновское излучение, называемое также рентгеновским флуоресцентным излучением.

Связь между длиной волны спектральной линии λ и энергии E_x характеристического рентгеновского излучения элемента для каждой спектральной линии (K_α , K_β , L_α , L_β , и т. д.) с атомным номером Z определяется законом, согласно которому

$$\sqrt{1/\lambda} = a \cdot (Z - b),$$

или, поскольку $1/\lambda = E/(\hbar C)$, где $\hbar$ – постоянная Планка; C – скорость света в вакууме,

$$\sqrt{E_x} = a_1 \cdot (Z - b) \quad \text{или} \quad \sqrt{E_x} \propto Z,$$

где a , $a_1 = a(\hbar C)^{1/2}$; b – константы для конкретных спектральных линий рентгеновского излучения элементов. Они различны для K_α , K_β , L_α , L_β и т. д. линий.

Первоначально данный закон был открыт английским физиком Мозли как эмпирическая закономерность для длин волн линии K_α разных элементов. Затем с развитием методов квантовой механики и объяснением смысла эмпирических постоянных, входящих в уравне-

ния, был распространён на прочие спектральные линии, в том числе и других серий.

Таким образом, для каждого элемента энергия его характеристических квантов строго фиксирована, и интенсивность характеристического излучения определяется массовой концентрацией этого элемента в исследуемом веществе. Эти два обстоятельства являются основой *гамма-флуоресцентного* и *рентгенолюминесцентного* методов измерения.

В данном методе обычно используются *K*- и *L*-серии характеристического излучения элементов.

Для возбуждения атома на *q*-уровне энергия, передаваемая электрону, не может быть меньше энергии связи электрона на данном уровне. Минимальная энергия излучения, приводящая к возбуждению атома на *q*-уровне, очень близка к энергии *q*-края поглощения, но несколько меньше него. Энергия возбуждения атома на *K*-уровень почти на порядок больше той же энергии для возбуждения на *L*-уровень.

Если $E_\gamma > E_K$ (наиболее близкого к ядру электрона), то фотоэффект может происходить на любой электронной оболочке атома.

Испускаемое атомами характеристическое излучение имеет линейчатый спектр, состоящий из нескольких серий линий. Линия спектра *K*-серии возникает при появлении вакансии на *K*-уровне, линия *L*-серии при возникновении вакансии на *L*-уровне и т. п. Если атомы вещества испускают кванты *q*-серии, то в спектре всегда будут присутствовать линии более удалённых уровней (серий). Заполнение *K*-уровня электронами может происходить за счёт электронов *L*_{III}- и *L*_{II}-подуровней (соответственно K_{α_1} , K_{α_2} – линии с энергией фотонов, отличающихся друг от друга) или за счёт электронов уровней *M*_{III} и *N*_{III} (линии K_{β_1} , K_{β_2}).

Если речь идёт об одном атоме, то возникает одна из линий *K*-серии. Поскольку любой из переходов случаен, предсказать появление конкретной линии невозможно. Вероятность появления линий различна, больше она для линий, расположенных к *K*-уровню ближе других. Соотношение интенсивностей линий *K*-серии:

$$I_{\alpha_1} : I_{\alpha_2} : I_{\beta_1} : I_{\beta_2} = 100 : 50 : 25 : 5.$$

Подобные закономерности соотношения интенсивностей справедливы и для других уровней.

В редких случаях избыток энергии атома вызывает не излучение фотона, а излучение оже-электрона. Это происходит при заполнении

вакансии электроном L_{III} -серии с L_I -уровня (безрадиационный переход).

Выход фотонов характеризуется коэффициентом выхода флуоресценции (отдачей флуоресценции) W_q , определяемым соотношением числа атомов, испустивших фотоны характеристического излучения q -серии, к общему числу атомов, возбуждённых на q -уровень:

$$W_q = n_{qx}/n_q.$$

Коэффициент выхода флуоресценции зависит от порядкового номера элемента и возбуждаемого уровня, для каждого элемента он является постоянной величиной. С увеличением порядкового номера элемента вероятность радиационных переходов возрастает.

Приближённое значение коэффициента выхода флуоресценции для K -уровня можно найти по формуле

$$W_K = \frac{Z^4}{Z^4 + 34,2^4}.$$

Для L -уровня коэффициент выхода флуоресценции в несколько раз меньше, чем для K -уровня (эта закономерность действует и при переходе к каждому последующему уровню), поэтому при γ -флуоресцентном методе обогащения целесообразно использовать информацию о характеристическом излучении, возникающем при возбуждении K - или L -краёв поглощения химических элементов. В таблице приведены значения энергии K -краёв поглощения для химических элементов. При этом под краем поглощения понимается граничное значение энергии излучения, способного удалить электрон с K -уровня.

Энергии скачков специфические для каждого элемента. Энергия каждого i -го скачка соответствует i -му краю поглощения.

В таблице 1 представлены такие энергетические характеристики фотонов химических элементов.

При рассмотрении данных таблицы следует учитывать, что фотоны с энергией 1–3 кэВ имеют низкую проникающую способность даже в воздухе, что делает невозможным их использование при информационном обогащении. Нижняя граница применения гамма-флуоресцентного метода находится в области элементов с $Z=20$, то есть метод применим начиная с кальция.

Гамма-флуоресцентный метод обогащения может использоваться для многих типов руд цветных, чёрных и редких металлов, напри-

мер марганцевых, медно-никелевых, медно-цинковых, молибденовых, оловянных, свинцово-цинковых, цезиевых, вольфрамовых и др.

Таблица 1 – Энергия фотонов основных линий и краёв поглощения некоторых химических элементов

Элемент	Атомный номер	Энергия фотонов, кэВ				
		K_{α}	K_{β}	L_{α}	L_{β}	К-край поглощения
Кальций	20	3,691	4,012	0,341	0,344	4,038
Скандий	21	4,090	4,460	0,395	0,399	4,496
Титан	22	4,510	4,931	0,452	0,458	4,964
Ванадий	23	4,952	5,427	0,510	0,519	5,463
Хром	24	5,414	5,946	0,571	0,581	5,988
Марганец	25	5,899	6,490	0,636	0,647	6,537
Железо	26	6,403	7,057	0,704	0,717	7,111
Кобальт	27	6,930	7,649	0,775	0,790	7,709
Никель	28	7,477	8,264	0,849	0,866	8,331
Медь	29	8,047	8,904	0,928	0,948	8,898
Цинк	30	8,638	9,571	1,009	1,032	9,660
Мышьяк	33	10,543	11,725	1,282	1,317	11,863
Рубидий	37	14,960	13,394	1,694	1,752	15,201
Ниобий	41	16,614	18,621	2,166	2,257	18,987
Молибден	42	17,478	19,607	2,293	2,395	20,002
Серебро	47	22,162	24,942	2,984	3,151	25,517
Кадмий	48	23,172	26,093	3,133	3,316	26,712
Олово	50	25,270	28,483	3,444	3,662	29,190
Барий	56	32,191	36,376	4,467	4,828	37,410
Вольфрам	74	59,310	67,233	8,396	9,670	69,508
Платина	78	66,820	75,736	9,441	11,069	78,379
Золото	79	68,794	77,968	9,711	11,439	80,713
Свинец	82	74,957	84,922	10,549	12,611	88,001

Рентгеновское и γ -излучения представляют собой электромагнитные колебания, различающиеся природой своего происхождения. Энергетические (частотные) диапазоны их перекрываются в широкой области (12,4-250 кэВ). При одинаковой энергии фотонов оба типа излучений эквивалентны.

Процессы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом предопределяются энергией фотонов и составом вещества, поэтому независимо от происхождения фотонов закономерности взаимодействия обоих излучений одинаковых энергий с веществом оди-

наковы и излучения могут рассматриваться и как рентгеновское, и как γ -излучение.

γ -излучение является результатом ядерной реакции (например, распад радиоактивного изотопа) или аннигиляции частиц.

Первичное рентгеновское излучение чаще получают с использованием рентгеновских трубок при торможении заряженных частиц (электронов) материалом анода (тормозное рентгеновское излучение).

Спектр первичного рентгеновского излучения является сплошным (диапазон спектра – от нуля до максимума, определяемого напряжением на аноде), поскольку энергии электронов, взаимодействующих с атомами вещества анода, меняются в широких пределах. Спектр может иметь выраженный пик, соответствующий энергии первичного характеристического рентгеновского излучения атомов вещества анода (*K*- или *L*-серии). Спектр γ -излучения линейчатый (одна или несколько энергетических линий изотопа).

Вторичное рентгеновское флуоресцентное излучение возникает в результате возбуждения атомов под действием фотонов мягкого γ - или рентгеновского излучения и в ряде случаев потока α - и β -частиц с последующими переходами электронов между разными энергетическими уровнями электронной оболочки.

Для определения концентраций элементов в рудах и горных породах при сортировке используют, как правило, вторичное характеристическое рентгеновское флуоресцентное излучение, возникающее при взаимодействии первичного рентгеновского излучения (включающего и тормозное характеристическое от материала анода) с веществом. Первичное характеристическое излучение иногда используют лишь при аналитическом лабораторном контроле состава облучаемого вещества.

Рентгеновское излучение может быть также использовано для рентгеноотражательного и рентгеноабсорбционного методов обогащения, по сути не отличающихся от соответствующих γ -аналогов.

Особенности, связанные со сплошным спектром первичного рентгеновского излучения, а также с большей мощностью излучения рентгеновской трубки в сравнении с излучением изотопа, определяют методические отличия применения всех рентгеновских методов в сравнении с их γ -аналогами.

Поскольку изотопы (источник γ -излучения) – это радиоактивные вещества, которые представляют постоянную радиоактивную опасность, и их мощность существенно меньше, чем у рентгеновских трубок, в настоящее время в качестве источников излучения для общего

диапазона энергий γ - и рентгеновских квантов применяют рентгеновские трубки.

Основные методы измерения содержания элементов с использованием облучения кусков руды первичным рентгеновским излучением: рентгенофлуоресцентный, рентгеноабсорбционный и рентгеноотражательный (по рассеянному излучению). Они во многом повторяют соответствующие γ -аналоги. Самым универсальным и внедряемым в последние годы является рентгенофлуоресцентный метод обогащения.

К наиболее разработанным и нашедшим промышленное использование в России и ряде стран мира следует также отнести и рентгенолюминесцентный метод обогащения.

Флуоресцентные методы весьма селективны, они являются прямыми, так как интенсивность излучения в характеристической рентгеновской энергетической области элемента прямо характеризует его содержание в контролируемом объёме (слое) вещества. В спектре может быть выделено несколько спектральных областей, каждая из которых соответствует определённому элементу, что позволяет одновременно определять содержания нескольких элементов. Эти преимущества делают флуоресцентные методы наиболее информативными и перспективными для применения.

Практическая реализация флуоресцентных методов обогащения, помимо выделения спектральной области определённого элемента, требует в ряде случаев учёта ряда мешающих факторов (размеры кусков, расстояния излучатель-кусок, кусок-детектор, влияние аналитических линий прочих элементов, влияние рассеянного излучения и т. д.). Учёт может производиться различными приёмами.

Чаще применяют в качестве разделительного признака функцию интенсивностей потоков квантов в нескольких спектральных областях, в том числе в области рассеянного излучения. Формирование разделительного признака (построение алгоритма разделения) осуществляется чаще с использованием способов спектральной разности, спектрального отношения или их комбинаций.

Лабораторная работа № 1

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕПАРАТОРА

Цель работы: изучение конструкции, принципа действия и технических характеристик сепаратора рентгеновского флуоресцентного (СРФ).

Пояснения к работе

Один из методов рентгенорадиометрического обогащения – рентгенофлуоресцентный. От прочих радиометрических методов его отличает возможность использования в качестве признака разделения аналитического параметра, тесно коррелированного с массовой долей интересующих элементов. Метод основан на возбуждении *характеристического рентгеновского излучения элементов* (ХРИЭ) при воздействии на вещество первичного рентгеновского излучения, генерируемого рентгеновской трубкой. Характеристическое излучение атомов тесно связано со строением их электронных оболочек и функционально зависит от атомного номера элемента. Наряду с ХРИЭ, при взаимодействии первичного рентгеновского излучения с веществом и средой, в которой происходит измерение, возникает рассеянное рентгеновское излучение. При прекращении облучения вторичное излучение мгновенно исчезает без остаточной радиации облучённого вещества. В рентгеноспектральном анализе контролируемая толщина материала зависит от энергий первичного и вторичного излучений и составляет от 0,01 до 1 мм, т. е. измерение проводится с поверхностного слоя куска.

Конструкция рентгенофлуоресцентного сепаратора приведена на рисунке 1.1.

Принцип возбуждения первичного рентгеновского излучения в рентгеновской трубке, его взаимодействие с куском руды и регистрация вторичного характеристического и рассеянного излучений поясняются рисунком 1.2.

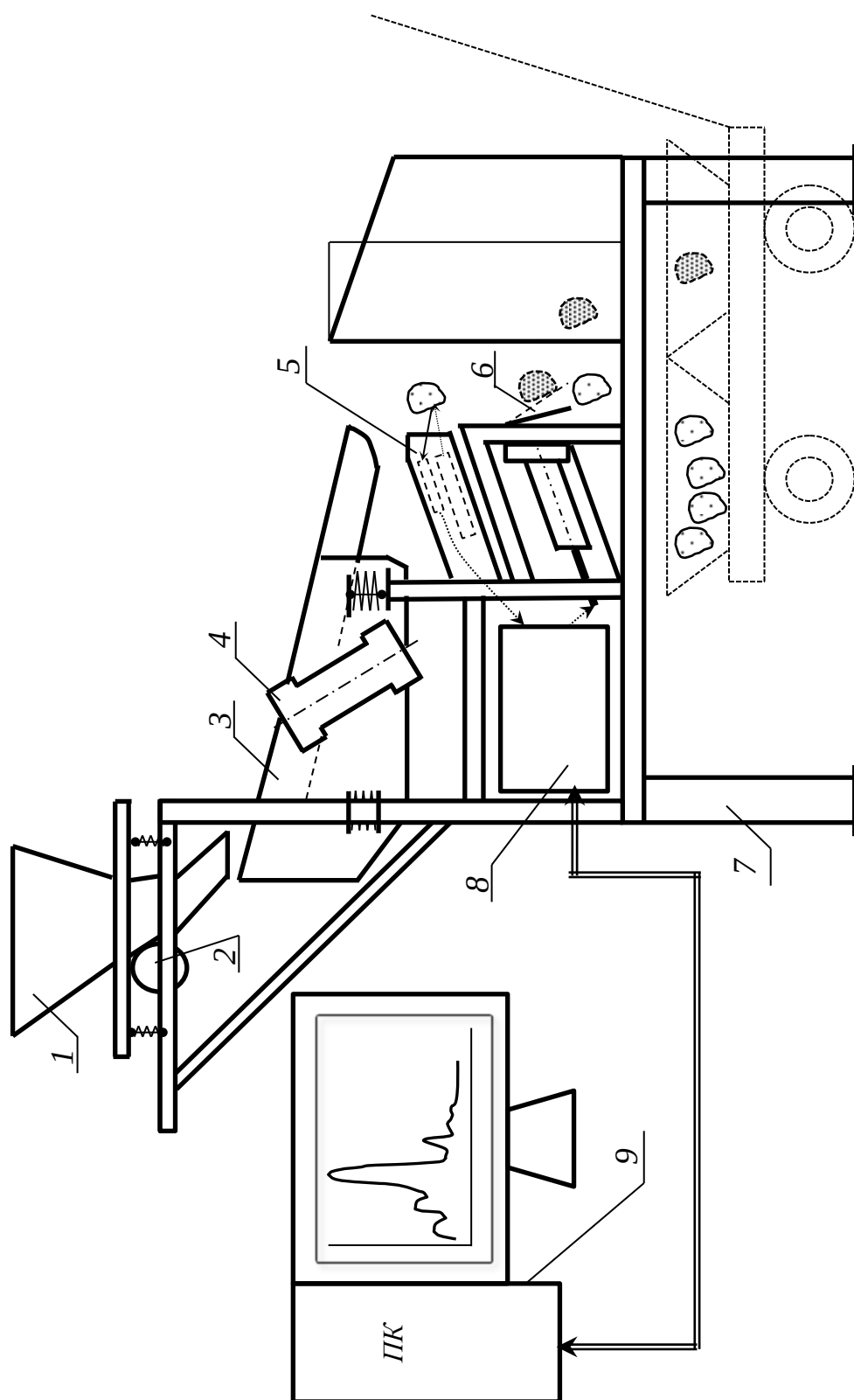


Рисунок 1.1 – Сепаратор рентгенофлуоресцентный лабораторный (СРФ-100Л):

- 1 – бункер-питатель; 2 – вибратор питателя; 3 – раскладчик;
 4 – вибратор раскладчика; 5 – блок рентгеновский; 6 – отбойник; 7 – рама;
 8 – бортовой компьютер; 9 – управляющий компьютер

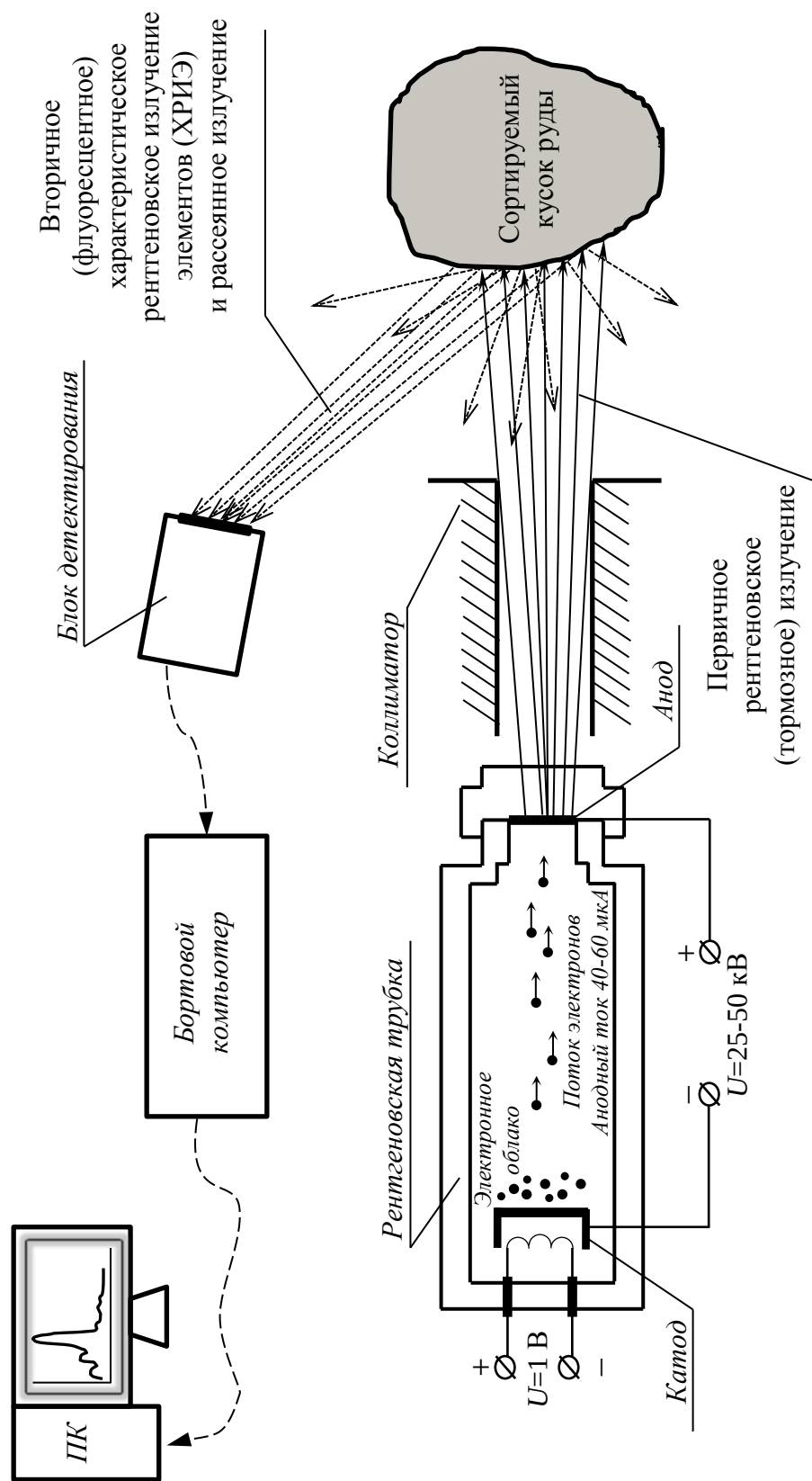


Рисунок 1.2 – Принцип возбуждения и регистрации излучений

В составе рентгеновских флуоресцентных сепараторов используются специальные портативные маломощные рентгеновские излучатели. Первичное излучение рентгеновских излучателей подбирается для каждого анализируемого элемента или группы элементов материалом анода трубки (Mo, W, Re, Ag), анодным напряжением (в пределах 20-50 кВ) и анодным током (40-60 мкА), а также фильтрами-ослабителями (из алюминиевой или медной фольги). Вторичное излучение от куска регистрируется блоками детектирования.

Электрические импульсы блока детектирования посредством обработки в бортовом компьютере преобразуются в аппаратный спектр вторичного регистрируемого излучения. Его анализ (выделение аналитических областей анализируемых элементов и рассеянного излучения) и расчёт аналитического параметра производятся бортовым компьютером в реальном масштабе времени. Исполнительными механизмами для удаления кусков из потока служат либо быстродействующие электромагнитные шибберные устройства, либо быстродействующие пневматические клапаны.

Управление работой бортового компьютера (настройка) осуществляется с помощью персонального компьютера посредством программного обеспечения RadosSeparatorQT.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности.
2. Изучить конструкцию сепаратора СРФ, составить эскиз сепаратора с указанием основных узлов и деталей.
3. Изобразить схему, показывающую принцип возбуждения и регистрации излучения в СРФ.
4. В отчёте изобразить сепаратор с указанием основных узлов и деталей, схему возбуждения и регистрации излучения в рентгенорадиометрическом сепараторе (РРС), полученные рентгеновские спектры кусков и дать оценку качества разделения по доле количества породных кусков в концентрате и минеральных кусков в хвостах.

Лабораторная работа № 2

ВЫБОР АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРЬЯ НА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОМ СЕПАРАТОРЕ

Цель работы: экспериментальное определение параметра разделения (аналитического параметра) для разделения пробы минерального сырья на сепараторе СРФ.

Пояснения к работе

При измерении вторичного рентгеновского спектра кусков формируется аппаратурный спектр вторичного излучения, который служит основой для определения содержаний компонентов в кусках. Это не реальный спектр, а его аппаратурное отображение, преобразованное из энергетического спектра за счёт прохождения через ряд электронных устройств (детектора, блока детектирования). Искажения спектра вызываются нестабильностью и эксклюзивностью характеристик электронных устройств, таких как энергетическое разрешение, эффективность регистрации детектором квантов различных энергий, уровень шумов, амплитудный диапазон, линейность характеристик блока детектирования и пр. По этой причине каждая аналитическая линия K - или L -серии элементов в аппаратурном спектре проявляется не в виде линейчатого спектра (монолиний), а в виде пика нормального распределения с центром, соответствующим энергии аналитической линии ХРИЭ. Например, K_{α} -линия Fe имеет энергию 6,4 кэВ, а в аппаратурном спектре она уширяется и имеет аналитическую область энергий от 5,2 до 7,6 кэВ. Кроме того, спектры отдельных элементов накладываются друг на друга, и число импульсов от всех элементов в каждом энергетическом интервале суммируется. Пример аппаратурного спектра образца сульфидной свинцовой руды приведён на рисунке 2.1. Помимо галенита в состав руды входит также в небольших количествах пирит.

На рисунке 2.1 выделены спектральные области ХРИ: $K_{\alpha}(\text{Fe})$ и $K_{\beta}(\text{Fe})$ от пирита; $L_{\alpha}(\text{Pb})$ и $L_{\beta}(\text{Pb})$ от галенита; область контроля работы АРУ (материал анода Mo); область рассеянного излучения.

Ось абсцисс – энергетическая шкала, представляет распределение регистрируемых квантов по энергии, условно задаваемых как номер канала анализатора. В аппаратурном спектре энергия квантов E пропорциональна номеру канала (амплитуде импульса в вольтах).

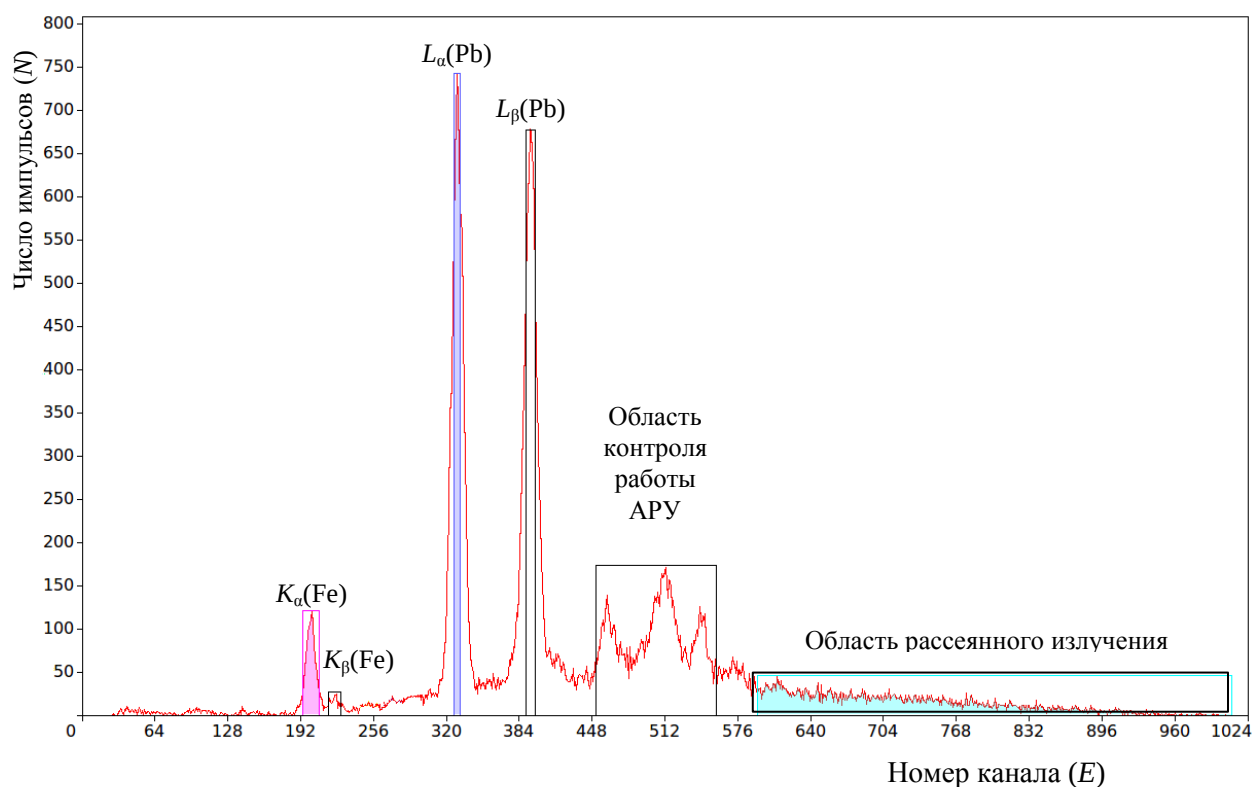


Рисунок 2.1 – Спектр ХРИ образца сульфидной свинцовой руды

Ось ординат – число зарегистрированных импульсов-квантов с различной энергией E . По оси N может быть отложена интенсивность излучения.

Под интенсивностью I понимается количество зарегистрированных импульсов за единицу времени – 1 с. Полная интенсивность I всего спектра в пределах всей максимально возможной ширины аналитической области называется суммарной или интегральной, обозначается I_{Σ} и определяется как суммарное число импульсов по всем каналам в этой области в единицу времени.

В рентгеновском флуоресцентном сепараторе СРФ для определения содержаний элементов используется часто метод спектральных отношений. Метод предполагает использование для определения аналитического параметра P (в общем случае параметра разделения) формулы (2.1). В данном случае аналитический параметр корреляционно связан с содержанием элемента α_1 (связь описывается нелинейным регрессионным уравнением):

$$P = f(\alpha_1) = \frac{N_1 + K_2 N_2}{N_3 + K_4 N_4}, \quad (2.1)$$

где $N_1 \dots N_4$ – количество импульсов, регистрируемых ДЭУ от куска в

выбранных аналитических областях: N_1 – флуоресцентное ХРИ излучение основного анализируемого элемента; N_2 и N_4 – флуоресцентное характеристическое рентгеновское излучение (ХРИ) сопутствующих и (или) мешающих элементов, которые необходимо учитывать для более правильного расчёта P и повышения чувствительности измерений (в т. ч. для учёта взаимовлияющих элементов); N_3 – как правило, рассеянное куском излучение (часто используется обозначение N_S); K_2 и K_4 – спектральные коэффициенты, выбираемые при разработке методики РРС.

K_2 со знаком «плюс», если элементы при разделении должны концентрироваться в одном продукте, и со знаком «минус», если они должны быть направлены в разные продукты. Численные значения K_2 и K_4 служат для учёта соотношений площадей пиков отдельных элементов или для учёта их условной ценности.

В отдельных случаях, если элементы имеют весьма близко расположенные вершины пиков и представляют примерно одинаковую ценность, сумму числа импульсов от этих элементов можно учесть в формуле объединением их смежных спектральных областей в единую. Этим приёмом часто пользуются, например, в случае медно-цинковых или медно-никелевых руд, когда пики меди и цинка, меди и никеля трудно разделимы.

Для детекторов с высокой разрешающей способностью необходимость учёта наложения пиков отдельных элементов отпадает.

Данный способ спектрального отношения (известный в рентгенорадиометрии и широко применяемый в геофизической практике), адаптированный для условий РРС, в отличие от других возможных вариантов позволяет более точно и полно учитывать ряд мешающих факторов, таких как непостоянство геометрии измерения кусков (изменение геометрического фактора вызвано изменениями и колебаниями траектории полёта, формы и размеров кусков), непостоянство вещественного состава анализируемой среды (матричный эффект – зависимость интенсивности флуоресцентного ХРИ и рассеянного излучения (РИ) от общего вещественного состава каждого куска, т. е. от соотношения в анализируемой среде составляющих его элементов и минералов).

Для большинства задач РРС достаточно четырёх аналитических областей, что и отражено в приведённом алгоритме расчёта для аналитического параметра P . При необходимости учёта дополнительных элементов в формулу может входить до 6-8 аналитических областей.

На рисунках 2.2-2.4 выделены спектральные области вторичного характеристического излучения интересующих элементов и спектральные области рассеянного рентгеновского излучения (N_s). Следует отметить, что на спектрах отображаются пики линий K_α и K_β по каждому из этих элементов. Для тяжёлых элементов, например свинца, на спектрах отображаются пики линий L_α и L_β .

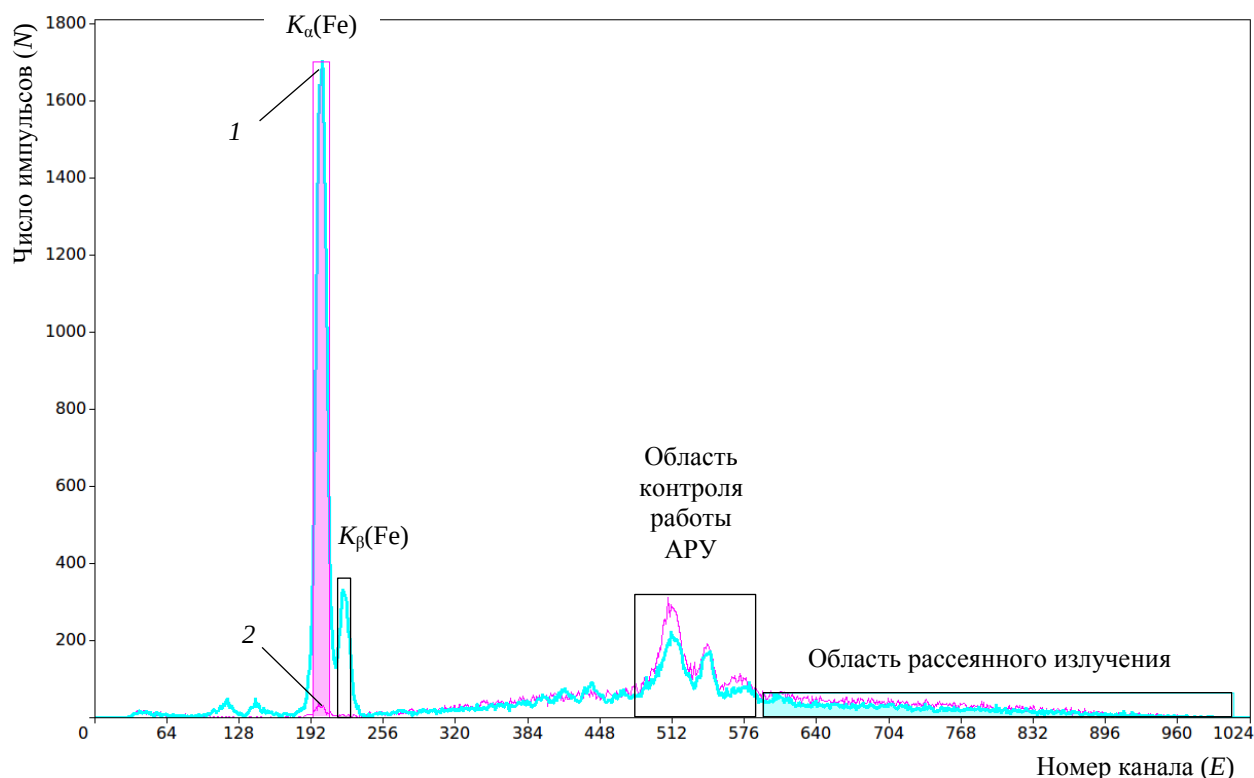


Рисунок 2.2 – Вторичные рентгеновские спектры кварца с различным содержанием железа: 1 – спектр образца с высоким содержанием железа; 2 – спектр образца с низким содержанием железа

Для мономинерального сырья и простых технологических задач в большинстве случаев используют простой аналитический параметр:

$$P = N_1 / N_j, \quad (2.2)$$

где N_1 – суммарное число импульсов в области спектра для измеряемого компонента; N_j – суммарное число импульсов в j -й спектральной области, выделяемой для сравнения.

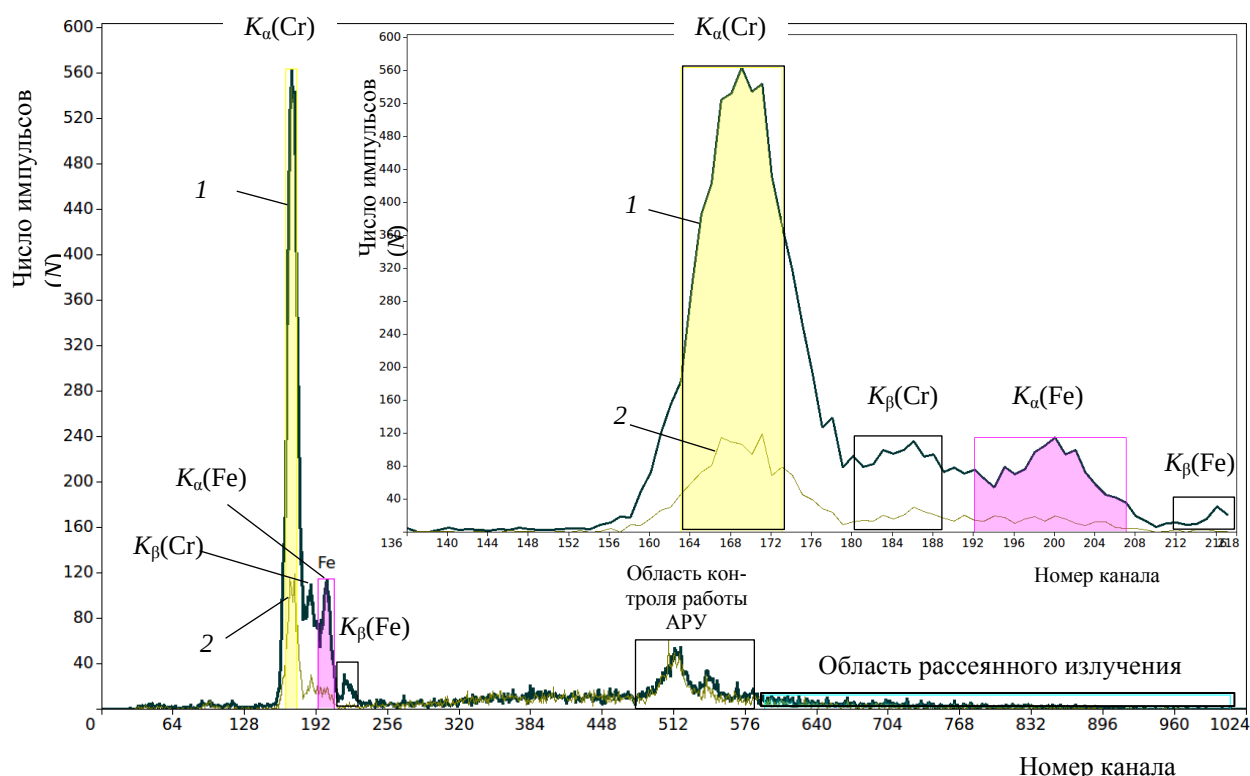


Рисунок 2.3 – Вторичные рентгеновские спектры образцов хромитовой руды с различным содержанием хрома:
 1 – спектр образца с высоким содержанием хрома;
 2 – спектр образца с низким содержанием хрома

Для сложных технологических задач приходится усложнять и алгоритм расчёта аналитического параметра. Для примера ниже приведены характерные аппаратурные спектры с установленными областями.

Для рисунка 2.2

$$P_{\text{Fe}} = N_{\text{Fe}} / N_s, \quad (2.3)$$

для рисунка 2.3

$$P_{\text{Cr}} = N_{\text{Cr}} / N_s. \quad (2.4)$$

В отдельных особых случаях могут быть использованы такие параметры разделения как $P_2 = N_1$ или $P_3 = N_s$.

Для рисунка 2.4 при отделении от кусков прочих видов медного от цинкового и медно-цинкового или цинкового от медных и медно-цинковых необходимо учесть «взаимопроникновение» монопиков элементов в соседние спектральные области. Например, для выделения медных кусков может быть применён аналитический параметр вида:

$$P_{\text{Cu}} = (N_{\text{Cu}} - K_2 N_{\text{Zn}}) / N_s, \quad (2.5)$$

где K_2 – доля площади пика $K_{\alpha}(\text{Zn})$, «проникающего» в спектральную

область меди, доля может быть вычислена по спектру металлической цинковой пластины, с учётом номеров каналов – границ спектрального отношения элементов.

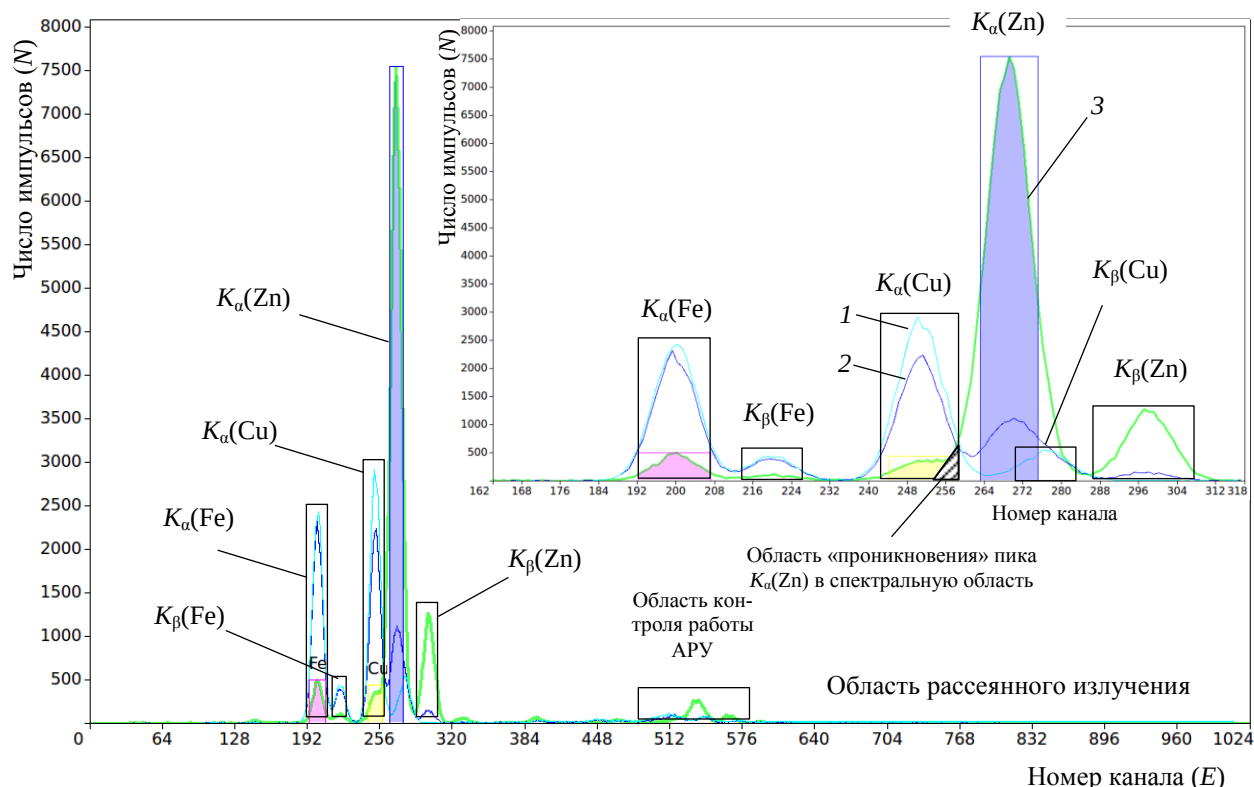


Рисунок 2.4 – Вторичные рентгеновские спектры образцов богатых кусков медно-цинковой сульфидной руды: 1 – спектр образца с высоким содержанием меди; 2 – спектр образца с высоким содержанием меди и цинка; 3 – спектр образца с высоким содержанием цинка

Для аналитического параметра существует много изменяемых настройками величин. Это местоположение и ширина спектральных окон, количество слагаемых в числителе и знаменателе, знаки и числовые значения коэффициентов в формуле типа (2.3), (2.4), (2.5).

При выборе формулы надо добиваться наибольшего контраста значений аналитического параметра P , т. е. максимальной разности его значений наиболее богатых и наиболее бедных компонентом кусков. Практически такие куски из пробы выбрать очень трудно, поэтому целесообразно отбирать визуально по несколько самых бедных и самых богатых кусков. Тогда абсолютные значения контраста можно рассчитать по формуле

$$\Delta_{\text{абс}} = |P_{\text{ср бог}} - P_{\text{ср бед}}| = \left| \sum p_{\text{бог } i} / n - \sum p_{\text{бед } j} / m \right|, \quad (2.6)$$

где n и m – число отобранных богатых и бедных кусков; $p_{\text{бог } i}$, $p_{\text{бед } j}$ – значения аналитического параметра i -го богатого и j -го

бедного кусков (может быть определено для каждого куска как среднее значение нескольких замеров при разных его положениях в зоне измерения).

Относительные значения контраста можно вычислить по формуле

$$\Delta_{\text{отн}} = 2\Delta_{\text{абс}} / (P_{\text{ср бог}} + P_{\text{ср бед}}), \quad (2.7)$$

Порядок выполнения работы

1. Заготовить таблицу для занесения результатов измерений (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты эксперимента

Фор мула	Вид кусков	Но- мер куска	Значения параметра разделения в отдельных замерах				Среднее для куска	Среднее для группы кусков	Значения контраста	
			1	2	3	...			$\Delta_{\text{абс}}$	$\Delta_{\text{отн}}$
P_1	Богатые	1		...	...	...	$p_{\text{бог } 1}$	$P_{\text{ср бог}}$		
		2					$p_{\text{бог } 2}$			
		...					...			
	Бедные	1					$p_{\text{бед } 1}$	$P_{\text{ср бед}}$		
		2					$p_{\text{бед } 2}$			
		...					...			
P_2	Богатые	1								
		2								
		3								
	Бедные	1								
		2								
		3								
P_3	...	...	...	...	...					

2. Произвести отбор трёх самых богатых и самых бедных кусков.

3. В нескольких положениях с кусков снять спектры характеристических рентгеновских излучений элементов – ХРИЭ (они сохраняются в памяти компьютера).

4. По спектрам составить и записать варианты формул параметра разделения ($P_1, P_2, P_3 \dots$), модернизируя формулу (2.1).

5. По каждой формуле и для каждого куска с использованием компьютера сепаратора рассчитать значения аналитических параметров в каждом положении куска, а также их средние значения по отдельным кускам и по группам самых богатых и самых бедных кусков. Для каждой формулы ($P_1, P_2, P_3 \dots$) найти значения контраста ($\Delta_{\text{абс}}$ и $\Delta_{\text{отн}}$). Все результаты измерений и расчётов занести в таблицу 2.1.

6. Выбрать из проанализированных формул ту, что наилучшим образом подходит для разделения изученной пробы сырья (относительное значение контраста максимальное).

7. В отчёте привести рентгеновские спектры для богатого и бедного кусков, заполненную таблицу 2.1, выбранную формулу параметра разделения.

Лабораторная работа № 3

ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА (ПАРАМЕТРА РАЗДЕЛЕНИЯ) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ КУСКА В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Цель работы: изучение нестабильности аналитического параметра от куска при различных положениях куска в зоне измерения рентгенорадиометрического сепаратора.

Пояснения к работе

Признаком разделения в рентгеновском сепараторе СРФ является аналитический параметр, вычисляемый по формуле, включающей несколько спектральных характеристик. Кусок, пролетая через зону измерения, может быть по-разному ориентирован, что может явиться причиной погрешностей определения содержания компонента. Различная ориентация куска меняет соотношение характеристического и рассеянного излучения и, как следствие, значение аналитического параметра, даже если это мономинеральный кусок.

Оценку нестабильности значений аналитического параметра можно выполнить как в статических условиях, установив подставку для куска в зоне измерения и меняя его положение перед каждым новым измерением, так и в динамических условиях, неоднократно помещая кусок на питающий лоток сепаратора при каждом новом измерении. Получив несколько значений аналитического параметра от куска, можно найти среднее значение аналитического параметра и характеристику его колебаний, например значение коэффициента вариации V . Найденные средние значения и коэффициенты вариации аналитического параметра для динамического и статического режимов могут отличаться, поскольку при измерении аналитического параметра в движении формируется усреднённый сигнал с большей поверхности куска.

Порядок выполнения работы

1. Отобрать каждому студенту по пять кусков, подписать. Среди отобранных кусков должны быть куски с разным содержанием компонента, как богатые полезным компонентом, так и бедные.

2. При включённой измерительной системе сепаратора в статических условиях (кусочек неподвижен) произвести измерение значения аналитического параметра в 5 различных положениях. Изменения положения производить при выключенной рентгеновской трубке. Результаты занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Значения аналитического параметра при измерении в статических условиях

Номер куска	Масса, г	Значение аналитического параметра					$\bar{P}_{CT}$	$S_{P_{CT}}$	$V_{P_{CT}}$
		1	2	3	4	5			

3. В таблицу внести результаты расчёта среднего значения аналитического параметра $\bar{P}_{CT}$ и его среднего квадратического отклонения $S_{P_{CT}}$, а также коэффициент вариации $V_{P_{CT}} = (S_{P_{CT}} / \bar{P}_{CT}) \cdot 100, \%$.

4. При включённой измерительной системе сепаратора в динамических условиях (при включённом питателе) 5 раз пропустить через зону измерения каждый кусок, помещая его на лоток питателя **случайным образом**, измерить значения аналитического параметра при каждом прохождении куска. Результаты заносятся в таблицу 3.2 и обрабатываются аналогично таблице 3.1.

Таблица 3.2 – Значения аналитического параметра при измерениях в динамических условиях

Номер куска	Масса, кг	Значение аналитического параметра					$\bar{P}_D$	S_{P_D}	V_{P_D}
		1				5			

5. Оценить смещение среднего значения аналитического параметра при переходе от статического режима к динамическому по формуле

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n |\bar{P}_{Di} - \bar{P}_{CTi}| / n, \quad (3.1)$$

а также вычислить среднее значение отношений коэффициентов вариации значений аналитических параметров при отдельных изме-

ниях в динамическом и статическом режимах:

$$a = \sum_{i=1}^n (V_{P_{Дi}} / V_{P_{СТi}}) / n, \quad (3.2)$$

где n – число кусков; $\bar{P}_{Дi}$ и $\bar{P}_{СТi}$ – средние значения аналитического параметра для i -го куска соответственно в динамическом и статическом режимах; $V_{P_{Дi}}$ и $V_{P_{СТi}}$ – коэффициенты вариации для i -го куска соответственно для динамических и статических условий.

6. Построить поля корреляции и экспериментальные линии регрессии зависимостей:

$$\bar{P}_{Дi} = f(\bar{P}_{СТi}), \quad V_{P_{Дi}} = f(\bar{P}_{Дi}), \quad V_{P_{СТi}} = f(\bar{P}_{СТi}).$$

Для каждой зависимости рассчитать корреляционное отношение и регрессионное уравнение.

7. В отчёте необходимо привести результаты замеров и расчётов; объяснить причины разброса значений аналитического параметра любого куска при нескольких его измерениях; указать потенциальные причины несовпадения характеристик в динамическом и статическом режимах; объяснить различия в разбросе значений аналитического параметра для богатых и бедных кусков.

Лабораторная работа № 4

ВЛИЯНИЕ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ НА ВЕЛИЧИНУ АНАЛИТИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА

Цель работы: установить влияние крупности частиц на величину аналитического параметра рентгеновского флуоресцентного сепаратора.

Пояснения к работе

Измерительная система рентгеновского сепаратора настроена на минимальную продолжительность набора импульсной статистики от куска. В формуле аналитического параметра числитель и знаменатель уменьшаются с уменьшением размера куска. Если массовая доля контролируемого компонента в частице малого размера приближается к нулю, число импульсов в числителе (характеристическое излучение) невелико, в то время как число импульсов в знаменателе (рассеянное излучение) может быть значительным. Тогда результат деления также может быть близким к нулю, т. е. сигнал от куска может быть не заре-

гистрирован. На результате измерения может сказаться и ориентация малого куска в зоне измерения (малая или большая эффективная площадь обращённой к датчику поверхности куска). У кусков лещадной формы разброс значений аналитического параметра может измениться, поскольку уменьшается число вариантов ориентации куска при прохождении через измерительную систему.

Порядок выполнения работы

Способ подготовки кусков к измерению следующий.

1. От наиболее крупных кусков (например –150+100 мм) отобрать 1-2 наиболее богатых образца всех минералогических разновидностей (желательно отобрать куски достаточно однородные по минеральному составу) и 1-2 бедных куска.

2. Ударами молотка каждый кусок разбить на несколько кусков и из них отобрать пять кусков разного размера каждой минералогической разновидности.

3. Далее каждый из вновь образованных и отобранных кусков взвесить и у каждого определить линейные размеры в трёх взаимно перпендикулярных направлениях. Рассчитать среднее значение линейного размера куска $d_{\text{ср}}$.

4. При выбранной в лабораторной работе № 2 формуле аналитического параметра каждый кусок в динамике пропустить через сепаратор в режиме измерения 10 раз. Результаты измерения значения аналитического параметра занести в таблицу 4.1. Для каждого куска рассчитать среднее значение аналитического параметра.

5. По таблице 4.1 для каждой разновидности построить отдельные графики $\bar{P} = f(d_{\text{ср класса}})$ и $\bar{P} = f(m)$ с нанесением точек и эмпирических линий регрессии. Здесь $d_{\text{ср класса}}$ – среднее арифметическое границ класса.

6. Если при измерении аналитического параметра малых кусков в отдельных тестах компьютер сепаратора кусок не обнаруживает, подсчитать число «пропусков» n для каждого куска и построить зависимости $n=f(d_{\text{ср}})$, $n=f(m)$ для каждой минералогической разновидности. Построить поля корреляции, нанести теоретические линии регрессии и значения корреляционных отношений анализируемых связей.

Таблица 4.1 – Результаты измерений

Вид куска	$d_{\text{ср}}$ куска, мм	Масса куска m , г	Значения аналитического параметра при частных измерениях					Среднее значение аналитического параметра $\bar{P}$	Коэффициент вариации V_P , %
<i>Среднее значение по виду</i>									

7. В отчёте необходимо привести заполненную таблицу 4.1 и построить графики экспериментальных зависимостей. По результатам расчётов и построений оценить влияние крупности частиц на величину аналитического параметра.

Лабораторная работа № 5 СЕПАРАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕНТГЕНОРАДИОМЕТРИЧЕСКОГО СЕПАРАТОРА

Цель работы: получение сепарационной характеристики лабораторного рентгенорадиометрического сепаратора СРФ-100Л.

Пояснения к работе

Сепарационная характеристика аппарата позволяет судить о потенциальном качестве разделения сырья на данном аппарате. Сепарационная характеристика – это зависимость извлечения фракции в продукт разделения от среднего значения признака разделения фракций. Поскольку однократного измерения значения аналитического параметра для толкования его как признака разделения недостаточно, в дальнейшем будем полагать признаком разделения куска среднее значение аналитического параметра, определённое по нескольким измерениям при динамических (или статических с последующим переходом к динамическим) условиях. Поэтому первым этапом данной работы должно быть экспериментальное разделение пробы на сепараторе, вторым – измерение признака разделения кусков полученных продуктов (концентрата и хвостов), третьим – расчёт сепарационной характеристики.

Порядок выполнения работы

1. Произвести отбор пробы руды (100-200 кусков) крупностью -100+50 или -50+25 мм либо использовать пробу целиком, не разделяя на классы. Все куски пронумеровать и взвесить.

2. Выбрать формулу аналитического параметра.

3. Пропустить общую пробу через рентгенорадиометрический сепаратор, настроенный на высокую производительность, установив границу разделения. Опыты провести с получением концентрата и хвостов (в режиме удаления богатых кусков при заданной преподавателем границе разделения).

4. С каждого куска концентрата и хвостов снять пять значений аналитического параметра в динамическом режиме, рассчитать среднее значение.

5. Заполнить таблицу 5.1, располагая куски концентрата в порядке возрастания среднего значения аналитического параметра. В ту же таблицу занести результаты их взвешивания и расчётов значений аналитического параметра. Аналогично провести измерения для хвостов.

Таблица 5.1 – Реестр кусков концентрата и хвостов

Номер куска	Масса куска, кг	Значение аналитического параметра в отдельном измерении					Среднее значение аналитического параметра
		1	2	3	4	5	
Концентрат							
...	...	...	...	...	...		...
...	...	...	...	...	...		...
Хвосты							
...	...	...	...	...	...		...
...	...	...	...	...	...		...

6. Определить усреднённые минимальное и максимальное значения аналитического параметра среди всех кусков обоих продуктов. Разбить данный диапазон на 10 интервалов с девятью промежуточными границами (ширина интервалов может быть различной). Границы фракций по концентрату и по хвостам должны быть одинаковыми. Число фракций может быть изменено преподавателем.

7. Все обмеренные куски обоих продуктов распределить по десяти введенным фракциям. При малом количестве кусков в отдельных фракциях их можно объединять с соседними, расширяя границы, тогда число фракций уменьшится. Результаты занести в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Расчёт сепарационной характеристики

Номер фракции	1	2	3	...	9	10
Границы фракции, отн. ед.						
Среднее значение аналитического параметра во фракции P_{jcp} , отн. ед.						
Масса фракций концентрата, кг						
Масса фракций хвостов, кг						
Масса фракций исходной руды, кг						
Вероятность перехода в концентрат j -й фракции, E_{kj} , %						

8. Для исходной пробы найти суммарные массы фракций и массу самой исходной пробы по формулам:

$$M_{исх\ фр\ j} = M_{к\ фр\ j} + M_{х\ фр\ j}; \quad (5.1)$$

$$M_{исх} = \sum M_{исх\ фр\ j}, \quad (5.2)$$

где j – порядковый номер фракции.

9. Определить выход концентрата, %:

$$\gamma_k = 100 \cdot M_k / M_{исх}. \quad (5.3)$$

10. Для каждой j -й фракции рассчитать вероятность перехода частиц в концентрат, %:

$$E_{kj} = 100 \cdot M_{к\ фр\ j} / M_{исх\ фр\ j} \quad (5.4)$$

и занести их в таблицу расчёта сепарационной характеристики рентгено радиометрического сепаратора.

11. Построить сепарационную характеристику $E_k = f(P_{jcp})$ по точкам E_{kj} и P_{jcp} , где P_{jcp} – среднее значение аналитического параметра для j -й фракции, которое находят по максимальному и минимальному значениям аналитического параметра фракции (по границам фракции) $P_{jcp} = (P_{jmax} + P_{jmin})/2$.

12. Определить по построенной характеристике границу разделения и величину среднего вероятного отклонения E_{pm} . Из анализа сепарационной характеристики определить границы зоны нечувствительности.

13. В отчёте привести результаты расчётов и график сепарационной характеристики. Сделать выводы о виде полученной сепарационной характеристики. Сопоставить настроенную перед разделением и фактически полученную границу разделения.

Лабораторная работа № 6

ИСПЫТАНИЯ ОБОГАТИМОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: освоение методики проведения испытаний обогатимости минерального сырья на информационном (рентгенофлуоресцентном) сепараторе.

Пояснения к работе

По результатам испытаний обогатимости руды на сепараторе можно осуществить прогноз потенциальных технологических показателей. Так как по однократно проведённому опыту невозможно правильно выбрать граничное значение признака разделения, целесообразно поставить несколько опытов с изменением границы разделения и разделением исходной пробы на фракции, например, с увеличением граничного значения признака при условии прямой связи между признаком и массовой долей компонента (схема приведена на рисунке 6.1).

Порядок выполнения работы

1. Разделению предшествует определение по описанным ранее методикам формулы аналитического параметра, подходящего для данного вида сырья, и выбор вариантов граничных значений. Они могут корректироваться после проведения отдельных опытов.

2. Далее устанавливается первое значение границы разделения на компьютере сепаратора и проводится опыт с выделением наиболее богатой фракции (обычно того продукта, предполагаемый выход которого меньше). Выделенная первая фракция выводится из процесса. Дальнейшие опыты проводят с оставшимися продуктами. Так выделяют нужное число продуктов.

3. Каждый выделенный продукт взвешивают, дробят, сокращают, истирают и доводят до навески анализа. Массовую долю определяют химическим или рентгеноспектральным методом.

4. В таблицу 6.1 вносят массы продуктов и массовые доли компонента в них, затем выполняют необходимые расчёты.

5. Анализируя технологические показатели разделения, определить, к какому продукту (концентрату или хвостам) следует отнести промпродуктовые фракции. Если массовая доля компонентов в промпродуктах значительно отличается от массовой доли компонента в концентрате или хвостах, его не следует присоединять ни к одному из них.

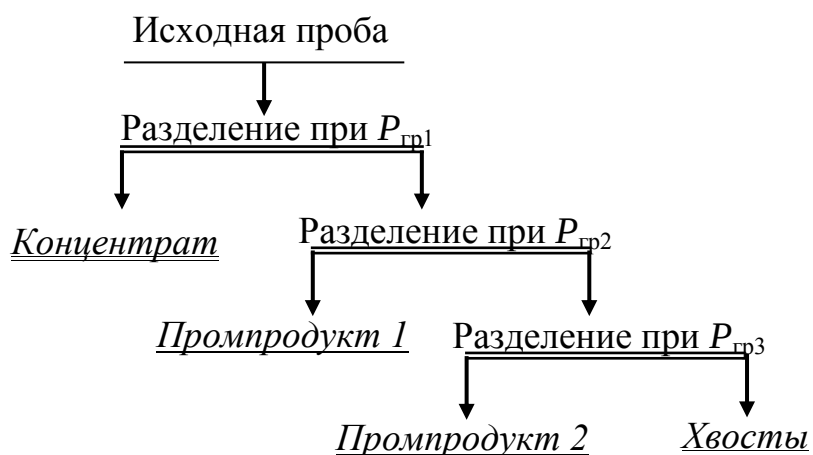


Рисунок 6.1 – Схема разделения исходной пробы на продукты (фракции)

Таблица 6.1 – Результаты разделения пробы на несколько продуктов (фракций)

Граничное значение аналитического параметра	Продукт (фракция)	Элементарные продукты			Суммарный концентрат		Суммарные хвосты	
		масса, кг	выход, %	массовая доля, %	выход, %	массовая доля, %	выход, %	массовая доля, %
$P_{гр1}$	Концентрат						100	α
$P_{гр2}$	Промпродукт 1							
$P_{гр3}$	Промпродукт 2							
...	...							
$P_{грn}$	Хвосты				100	α		
	Итого	Σm_i	100	α	—	—	—	—

6. В отчёте необходимо привести схему разделения, таблицу результатов и построить кривые разделения $\gamma_k=(P_{гр})$; $\gamma_x=(P_{гр})$; $\beta=(P_{гр})$; $\vartheta=(P_{гр})$; $\varepsilon_k=(P_{гр})$; $\varepsilon_x=(P_{гр})$, далее следует сделать выводы о возможности разделения данного сырья рентгенофлуоресцентным методом с целью получения богатого концентрата или бедных хвостов.

Лабораторная работа № 7

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КУСКОВ СОРТИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА

Цель работы: экспериментальное определение плотности и коэффициента формы кусков сортируемой руды, необходимых для определения проектной производительности сепаратора для конкретного вида сырья.

Пояснения к работе

Приводимая в справочных данных производительность рентгено-радиометрических сепараторов указывается либо в широких пределах, либо даётся её максимальное значение. В проектных расчётах требуется уточнение вероятного значения производительности.

На фактическую производительность очевидно будет влиять плотность материала, о которой можно судить, проведя замеры плотности большого количества кусков сортируемой руды. Следует заметить, что существует вероятность избирательного разрушения минеральных фаз при добыче и первичном дроблении. Тогда плотность в кусках разных классов крупности может быть различной.

Плотность куска определяют методом гидростатического взвешивания. По результатам взвешивания куска в воздухе ($M_{\text{возд}}$, г) и в воде ($M_{\text{вода}}$, г) рассчитывают плотность куска по формуле:

$$\rho_k = 1000 \cdot M_{\text{возд}} / (M_{\text{возд}} - M_{\text{вода}}), \text{ кг/м}^3. \quad (7.1)$$

Рентгено-радиометрическая сепарация осуществляется в покусковом режиме, что достигается транспортированием кусков по конвейерной ленте или по жёлобу вибропитателя в зоны измерения свойств и удаления кусков из потока. Такой характер движения материала перед измерением рентгеновских характеристик кусков определяет наиболее вероятное положение кусков на транспортирующем устройстве. Куски будут стремиться соприкоснуться с поверхностью устройства гранями с наибольшей площадью. Поэтому при постоянстве режима подачи материала (кусок за куском с постоянным разрывом между ними) форма кусков будет оказывать существенное влияние на производительность сепаратора (для плоских кусков производительность ниже).

Для учёта потенциального снижения производительности сепаратора вводят коэффициент формы, рассчитываемый по формуле:

$$\varphi_1 = 2c / (a + b), \quad (7.2)$$

где a , b , c – соответственно наибольший (a), средний (b) и наименьший (c) размеры куска, которые проводят в трёх взаимно перпендикулярных направлениях.

Другим вариантом коэффициента формы в данном случае может быть оценка приближения объёма куска к объёму идеального тела – куба с ребром, длина которого равна a ,

$$\varphi_2 = V_{\text{изм}} / a^3.$$

где $V_{\text{изм}}$ – экспериментально найденный при гидростатическом взвешивании объём куска.

С учётом измерения массы куска в воде и воздухе объём куска в мм^3 может быть найден по выражению

$$V_{\text{изм}} = 1000 \cdot (M_{\text{возд}} - M_{\text{вода}}).$$

Любой кусок может иметь случайную форму. Именно поэтому его объём можно найти лишь экспериментально.

Для идеализированных по форме тел проиллюстрируем выражения для расчёта коэффициента формы ϕ_2 .

Для прямоугольного параллелепипеда с длиной рёбер a, b, c

$$\phi_{2\text{п}} = a \cdot b \cdot c / a^3 = b \cdot c / a^2,$$

для шара (шар вписан в куб, тогда $d_{\text{ш}} = a$) его объём равен

$$V_{\text{ш}} = \pi (d_{\text{ш}})^3 / 6 = \pi a^3 / 6,$$

тогда

$$\phi_{2\text{ш}} = \pi a^3 / 6a^3 = \pi / 6 \approx 0,5236.$$

Порядок выполнения работы

1. Заготовить таблицу для занесения результатов измерения (таблица 7.1). В ней $d_{\text{ср}} = (a + b + c) / 3$.

Таблица 7.1 – Результаты измерений и расчётов

Номер куска	Размеры куска, мм				ϕ_1	Результаты взвешиваний куска, г		Плотность куска ρ , кг/м^3	Объём куска $V_{\text{изм}}$, мм^3	ϕ_2
	a	b	c	$d_{\text{ср}}$		$M_{\text{возд}}$	$M_{\text{вода}}$			
1										
...										
n										
Средние значения	$a_{\text{ср}}$	$b_{\text{ср}}$	$c_{\text{ср}}$	$(d_{\text{ср}})_{\text{ср}}$	$\phi_{1\text{ср}}$	$M_{\text{возд ср}}$	$M_{\text{вода ср}}$	$\rho_{\text{ср}}$	$V_{\text{изм ср}}$	$\phi_{2\text{ср}}$
Максимальные значения	a_{max}	b_{max}	c_{max}	$(d_{\text{ср}})_{\text{max}}$	$\phi_{1\text{max}}$	$M_{\text{возд max}}$	$M_{\text{вода max}}$	ρ_{max}	$V_{\text{изм max}}$	$\phi_{2\text{max}}$
Минимальные значения	a_{min}	b_{min}	c_{min}	$(d_{\text{ср}})_{\text{min}}$	$\phi_{1\text{min}}$	$M_{\text{возд min}}$	$M_{\text{вода min}}$	ρ_{min}	$V_{\text{изм min}}$	$\phi_{2\text{min}}$
СКО										
Коэффициент вариации, %										

2. Произвести измерения размеров кусков в трёх взаимно перпендикулярных направлениях, результаты занести в таблицу 7.1 и

вычислить значения $d_{\text{ср}}$ и φ_1 .

3. Произвести взвешивание каждого куска в воздухе и в воде, результаты занести в таблицу 7.1 и рассчитать плотность материала в кусках, их объём $V_{\text{изм}}$ и значения φ_2 .

4. Вычислить по всем кускам средние, максимальные и минимальные значения показателей, измеренных и рассчитанных в каждом из столбцов, а также найти средние квадратичные отклонения, коэффициенты вариации:

среднее квадратичное отклонение (СКО)

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)};$$

коэффициент вариации, %

$$V = 100 \cdot S / \bar{x}.$$

5. В отчёте привести формулы для вычисления φ_1 , φ_2 и ρ по кускам, а также статистических показателей по всем измеренным характеристикам. Сделать выводы о колеблемости измеренных характеристик для изученной пробы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Газалеева Г. И., Цыпин Е. Ф., Червяков С. А. РУДОПОДГОТОВКА дробление, грохочение, обогащение. – Екатеринбург: ООО «УЦАО», 2014. – 914 с.
2. Цыпин Е. Ф. Информационные методы обогащения полезных ископаемых: учебн. пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015 – 206 с.
3. Цыпин Е. Ф. Обогащение в стадиях рудоподготовки: научн. монография – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015 – 303 с.

Учебное издание

Цыпин Евгений Федорович

Овчинникова Татьяна Юрьевна

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ
ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ по дисциплине
по дисциплине «Информационные методы ОПИ»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор И. А. Крестьянинова

Компьютерная вёрстка: Т. Ю. Овчинниковой

Подписано в печать 11.01.2019 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 2,125. Уч.-изд. л. 1,35. Тираж 100 экз. Заказ №1

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией

Горно-механического факультета

03 сентября 2019 г.

Председатель комиссии

В.П. Барановский проф. В.П. Барановский

А.В. Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПИ

**Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы для
студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 –«Горное дело» всех форм обучения**

Екатеринбург
2019

П23

Рецензент: Ю.П. Морозов, профессор кафедры ОПИ УГГУ

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании заседания кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 20 марта 2019 г. (протокол №6) и рекомендовано для издания в УГГУ

Колтунов А.В.

П23 Гидрохимические методы ОПИ: учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы/А.В.Колтунов, Урал. гос. горный ун-т.- Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2019- 20 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с ученой программой курса «Гидрохимические методы ОПИ»

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 –«Горное дело» всех форм обучения

© Колтунов А.В., 2019

© Уральский государственный
горный университет, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Анализ исходной информации	4
2. Обоснование и выбор схемы рудоподготовки	5
3. Расчет схемы рудоподготовки	5
4. Обоснование и выбор схемы кучного выщелачивания	5
5. Обоснование и выбор конструкции и параметров противифльтрационного основания и дренажной системы	6
6. Выбор способа складирования материала и расчет габаритов штабеля	6
7. Обоснование и выбор системы распределения выщелачивающих растворов	
8. Расчет основных показателей КВ	7
8.1. Расчет габаритов штабеля	7
8.2. Расчет количества продуктивного раствора	8
8.3. Расчет объема продуктивных растворов и концентрации металла в них	10
9. Обоснование и выбор технологии переработки продуктивных растворов	10
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	10
ПРИЛОЖЕНИЕ А	11
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	12

Введение

Темой курсовой работы является разработка технологии переработки медьсодержащей или золотосодержащей руды N-месторождения.

По заданию предусматривается, что руда перерабатывается методом кучного выщелачивания, а получаемые продуктивные растворы перерабатываются по одной из промышленных технологий.

В задании (выдается преподавателем) указывается тип руды, ее основные характеристики (вещественный и минералогический составы; физико-механические параметры, исходная крупность и гранулометрический состав), производительность рудоподготовительного цикла по исходному питанию, извлечение металла в цикле выщелачивания и т.д.

Курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки, включающей расчетную часть и графический материал, представленный технологической схемой и схемой цепи аппаратов.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 Текстовые документы.

Примеры оформления технологических схем и условные обозначения оборудования приведены в методических указаниях (Иванов Э.Э. Инструкция по выполнению курсовых и дипломных работ для студентов специальности 090300 – «Обогащение полезных ископаемых» 3-е изд., переработанное и дополненное.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. -42 с.)

1. Анализ исходной информации

Разработка технологии переработки заданного объекта осуществляется, прежде всего, на основе анализа исходной информации, которая включает:

1. Характеристику исходного сырья;
2. Практику переработки аналогичного сырья;
3. Требования к конечной продукции.

В результате анализа исходной информации обосновывается и выбирается:

1. Технологическая схема рудоподготовки;
2. Технологическая схема КВ;
3. Конструкция противотрационного основания и дренажной системы;
4. Способ складирования материала;
5. Система распределения выщелачивающих растворов;

6. Характер выщелачивания (химический или биохимический);
7. Параметры процесса выщелачивания.
8. Аппаратурное исполнение технологической схемы

2. Обоснование и выбор схемы рудоподготовки

Обоснование схемы рудоподготовки осуществляется с учетом практики работы действующих предприятий, а также теоретических знаний, полученных в курсе «Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых». Выбор схемы дробления (количество и вид стадий дробления) осуществляется с учетом крупности исходного сырья, его физико-механических свойств и принятой конечной крупности перерабатываемой руды.

В схеме рудоподготовки обосновывается необходимость операции окомкования дробленой руды перед складированием.

3. Расчет схемы рудоподготовки

Расчет схемы дробления осуществляется с учетом заданной производительности по исходному питанию, физико-механических свойств, исходной и конечной крупности руды.

Расчет производится по методике, приведенной в (Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению» для студентов специальности 090300. Макет пояснительной записки к курсовому проекту/ Сост. Иванов Э. Э. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: УГГГА, 2002, 32с.).

В результате расчета выбирается тип основного оборудования (дробилки, грохота) их типоразмер и количество.

При необходимости окомкования дробленой руды определяется требуемое количество барабанных окомкователей с учетом циркулирующей нагрузки (принять 200 %). Барабанные окомкователи ОБ 3,2х18 ориентировочно имеют производительность 800 т/ч

4. Обоснование и выбор схемы кучного выщелачивания

Обоснование схемы кучного выщелачивания осуществляется с учетом свойств перерабатываемого сырья (минеральный состав, степень его

однородности, физико-механические характеристики, местоположение объекта), практики переработки аналогичного сырья.

5. Обоснование и выбор конструкции и параметров противофльтрационного основания и дренажной системы

Обоснование конструкции противофльтрационного основания площадки выщелачивания осуществляется с учетом практики переработки аналогичного сырья, выбранной схемы кучного выщелачивания и реагента-растворителя.

В целях предотвращения потерь целевого металла и загрязнения окружающей среды, выбранная конструкция противофльтрационного основания должна обеспечивать максимально полный сбор продуктивного медьсодержащего раствора. Материалы, используемые в конструкции противофльтрационного основания, должны быть устойчивы к механическим нагрузкам, к перепадам температур, к ультрафиолетовому излучению и химическому воздействию.

Конструкция внутренней дренажной системы должна обеспечивать максимально быстрый вывод продуктивного раствора из-под штабеля и необходимую степень аэрации руды (в случаях использования биовыщелачивания).

Материалы, используемые в конструкции внутренней дренажной системы должны быть химически устойчивыми к воздействию выщелачивающих растворов.

Конструкция внешней дренажной системы должна быть рассчитана на сбор и хранение продуктивных и избыточных растворов и должна исключать потери целевого металла и загрязнение окружающей среды.

Материалы, используемые в конструкции внутренней дренажной системы должны быть химически устойчивыми к воздействию выщелачивающих растворов.

6. Выбор способа складирования материала и расчет габаритов штабеля

Выбор способа складирования материала осуществляется с учетом физико-механических свойств складываемого материала.

Габариты штабеля рассчитываются с учетом заданного количества перерабатываемой руды, ее насыпной плотности и принятой, в зависимости от физико-механических свойств складываемого материала, высоты штабеля.

Угол естественного откоса штабеля при складировании принять равным 35 градусов.

7. Обоснование и выбор системы распределения выщелачивающих растворов

Принимаемая система распределения выщелачивающих растворов обосновывается с учетом климатических условий в месте расположения участка кучного выщелачивания и режима работы (сезонный или круглогодичный).

8. Расчет основных показателей КВ

8.1. Расчет габаритов штабеля

Для определения габаритов штабеля необходимо задаться следующими параметрами:

1. Высота штабеля H . Высота штабеля определяется исходя из принятого способа складирования (пункт 6 ПЗ);
2. Ширина верхней площадки штабеля B_v ;
3. Угол естественного откоса штабеля. Принимается равным 36 градусов.

Ширина штабеля в основании (при известной высоте штабеля и угле естественного откоса равном 36 градусов) определяется как:

$$B_n = B_v + 2b, \text{ где } b = H / \operatorname{tg} 36, \text{ м.}$$

Для определения длины штабеля в основании необходимо разбить штабель на несколько правильных геометрических фигур (см. рисунок 1):

1. Фигура 1, ограниченная секущими III и IV - параллелепипед длиной L с поперечным сечением в виде трапеции площадью $H \times (B_v + B_n)/2$. Объем фигуры 1 равен $V_1 = L \times [H \times (B_v + B_n)/2]$.

2. Фигура 2, состоящая из двух одинаковых фигур 2.1 и 2.2, ограниченных секущими I, II и III и I, II и IV - параллелепипед длиной B_v с поперечным сечением в виде прямоугольника площадью $H \times b$. Объем фигуры 2 равен $V_2 = B_v \times H \times b$.

3. Фигура 3, состоящая из четырех одинаковых фигур 3.1; 3.2; 3.3 и 3.4, ограниченных секущими I, III; II, III; I, IV и II, IV - пирамида высотой H и площадью основания b^2 . Объем фигуры 3 равен $V_3 = 1/3 H \times b^2$.

Суммарный объем штабеля $V_{\text{штаб.}}$ складывается из объемов фигур 1, 2 и 3. $V_{\text{штаб.}} = V_1 + V_2 + V_3$

Объем фигуры 1 V_1 равен $V_{штаб.} - (V_2 + V_3)$, отсюда L определяется как, $V_1/S_{трап.}$.

Объем штабеля $V_{штаб.}$ определяется как $V_{штаб.} = Q/\delta_n$, где Q и δ_n – соответственно, годовое количество руды в штабеле и насыпная плотность руды.

Общая длина штабеля $L_{штаб.}$ определяется как, $L_{штаб.} = L + 2b$.

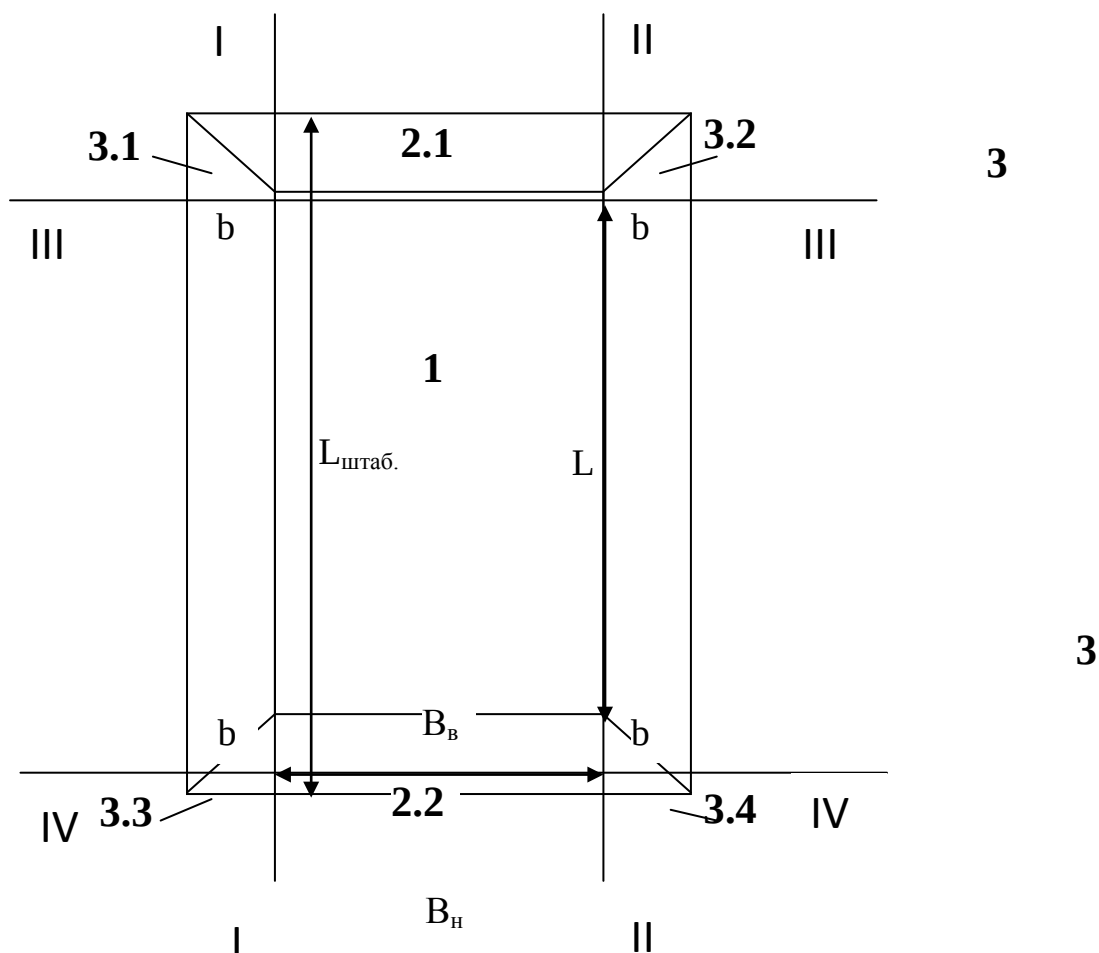


Рисунок 1- Вид штабеля сверху (для определения габаритов)

8.2. Расчет количества продуктивного раствора

Для определения годового количества получаемого продуктивного раствора необходимо принятую плотность орошения штабеля, выщелачивающим раствором умножить на площадь орошаемой поверхности штабеля.

Площадь орошения включает площадь верхней площадки штабеля и площадь боковых откосов. Для определения площади орошения разобьем

штабель руды на несколько геометрических фигур, имеющих в сечении одинаковую высоту (см. рисунок 2).

Фигура 1, ограниченная секущими I, II, III, IV, представляет собой параллелепипед с сечением $H \times B_v$ и длиной L . Площадь орошения фигуры 1 равна $(B_v \times L)$.

Фигура 2, состоящая из двух фигур (2.1 и 2.2), ограниченная секущими I, III, IV и II, III, IV, представляет собой параллелепипед с сечением $H \times b$ и длиной L . Площадь орошения фигуры 2 равна $(b \times L)$.

Фигура 3, состоящая из двух фигур (3.1 и 3.2) ограниченная секущими I, II, III и I, II, IV, представляет собой параллелепипед с сечением $H \times b$ и длиной B_v . Площадь орошения фигуры 3 равна $(b \times B_v)$.

Фигура 4, состоящая из четырех фигур (4.1; 4.2; 4.3 и 4.4) ограниченная секущими I, III; II, III; I, IV и II, IV представляет собой пирамиду высотой H и площадью основания b^2 . Площадь орошения фигуры 4 примем равной $(1/3b^2)$, т.к. объем параллелепипеда с сечением b^2 высотой H в 3 раза меньше объема пирамиды.

Суммарная площадь орошения раствором реагента штабеля равна $S_{\text{штаб.}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$, где площади S_1, S_2, S_3, S_4 фигур 1, 2, 3, 4.

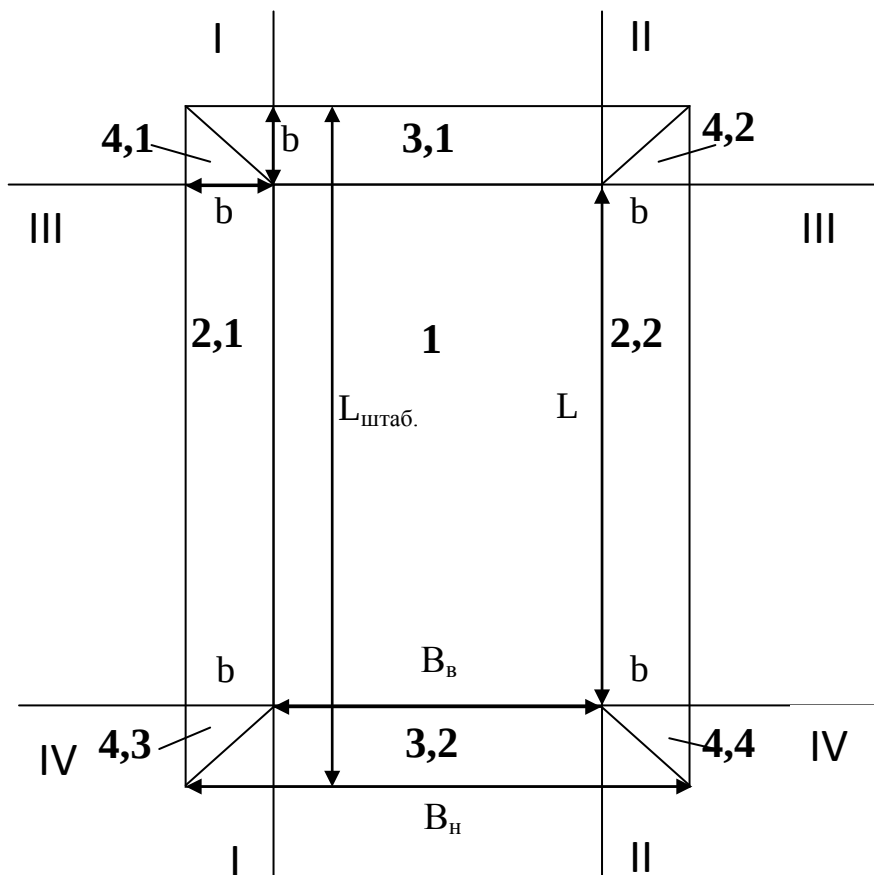


Рисунок 2 – Вид штабеля сверху (для определения площади орошения)

8.3. Расчет объема продуктивных растворов и концентрации металла в них

Зная площадь орошаемой поверхности штабеля $S_{штаб.}$ и удельный расход выщелачивающего раствора $W_{уд.}$, рассчитывается расход подаваемого раствора: $V_{ор} = S_{штаб.} \times W_{уд.}$, м³/ч.

Годовой объем продуктивных растворов $V_{пр.год.} = 24 \times V_{ор.} \times n_{раб.}$, м³,
где $n_{раб.}$ – количество рабочих дней в году.

Определяется масса металла в штабеле $M_{Мейсх} = Q_{год.} \times \alpha_{ме}/100$, т.

Определяется масса металла извлекаемого в продуктивный раствор:

$$M_{пр} = M_{Мейсх} \times \varepsilon_{ме}/100, \text{ т.}$$

Рассчитывается концентрация металла в продуктивном растворе $[C_{Мейр}]$
 $= M_{пр} / V_{пр.год.}$, г/л.

9. Обоснование и выбор технологии переработки продуктивных растворов

В данном разделе описываются промышленные технологии переработки продуктивных растворов для выделения конкретного металла. С учетом исходных данных выбирается наиболее эффективная из них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колтунов А.В. Гидрохимические методы обогащения полезных ископаемых. Выщелачивание руд: учебное пособие/А.В.Колтунов; Урал.гос.горный ун-т.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016.- 145 с.
- 2.Кучное выщелачивание благородных металлов/Под ред. М.И.Фазлуллина.-М.: Издательство Академии горных наук, 2001.- 647 с.
- 3.Колтунов А.В. Геотехнология и гидрометаллургия: Конспект лекций.- Екатеринбург: Изд. УГГГА, 2003. -205 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

Кафедра «Обогащение полезных ископаемых»

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

по дисциплине «Гидрохимические методы обогащения полезных
ископаемых»

Студент _____

Группа _____

Тема курсовой работы: Кучное выщелачивание

_____ руды
производительностью _____ млн. тонн в год

Содержание курсовой работы: пояснительная записка, схема цепи
аппаратов на формате А3

Сроки выполнения _____

Задание выдал _____ доцент.каф. ОПИ Колтунов А.В.

Задание получил _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Исходные данные

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность, мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м³	крепость (по Протодьякону)	влажность, %	текстура			
1	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 1,0 %. Содержание глины значительное	азурит, тенорит, брошантит, хризоколла	3,3	10	7	трещиноватая, пористая	800-0	1	500
2	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 5,0 г/т. В руде содержится значительное количества		2,7	12	7	трещиноватая, пористая	800-0	3	750

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м³	крепость (по Протодьякону)	влажность,%	текстура			
		серебра. Содержание глины незначительное								
3	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 5,0 г/т. Содержание глины значительное					трещиноватая, пористая	800-0	6	
4	Окисленная медная руда.	массовая доля меди в руде 1,5 %. Содержание глины значительное	азурит, малахит, брошантит, халькозин	3,5	10	7	трещиноватая, пористая	1000-0	1	1500

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м³	крепость (по Протодьякону)	влажность,%	текстура			
5	Окисленная золотосодержащая руда..	массовая доля золота в руде 4,0 г/т Содержание глины незначительное		2,8	12-14	5	скального типа	700-0	3	1150
6	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 0,9 %. Содержание глины незначительное	малахит, азурит, брошантит, хризоколл	3,0	12	5	трещиноватая, пористая	900-0	9	1000
7	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 3,5 г/т. В руде содержится значительное количество серебра.		2,7	10-12	7	трещиноватая, пористая	750-0	6	900

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность, мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м³	крепость (по Протодьякону)	влажность, %	текстура			
		Содержание глины незначительное								
8	Окисленная медная руда.	массовая доля меди в руде 0,8 %. Содержание глины значительное	малахит, тенорит, брошантит, хризоколла	3,1	12	7	трещиноватая, пористая	800-0	5	750
9	Сульфидная медьсодержащая руда.	массовая доля меди в руде 0,7 %.	халькопирит, халькозин, пирит	3,2	12-14	5	трещиноватая	750-0	7	1200
10	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 4,0 г/т Содержание глины незначительное		2,8	12-14	5	плотная, малопористая	700-0	3	1350

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м ³	крепость (по Протодьякону)	влажность,%	текстура			
11	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,1 %.	малахит, брошантит, халькозин, пирит	3,5	10-12	6	трещиноватая, пористая	900-0	7	800
12	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 6,0 г/т. В руде значительное количество серебра. Содержание глины значительное		2,65	8-10	8	трещиноватая, пористая	800-0	3	650
13	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 1,4 %. Содержание глины	малахит, азурит, брошантит,	3,4	12-14	5	трещиноватая, пористая	950-0	5	1200

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность, мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м³	крепость (по Протодьякону)	влажность, %	текстура			
		незначительное	хризоколла							
14	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 4,5 г/т Содержание глины незначительное		2,65	10-12	5	скального типа	950	7	950
15	Окисленная медная руда	массовая доля меди в руде 0,9 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, брошантит, тенорит	3,2	8-10	8	трещиноватая, пористая	700-0	9	600
16	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,2 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, халькозин, пирит	3,4	10-12	5	трещиноватая, пористая	750	1	700

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность,мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м³	крепость (по Протодьякону)	влажность,%	текстура			
17	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 3,0 г/т Содержание глины незначительное		2,75	12-14	5	скального типа	1000	7	1100
18	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,6 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, тенорит, хризоколл	3,5	8-10	5	трещиноватая, пористая	800-0	1	750
19	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 4,3 г/т. Содержание глины значительное	75	2,7	10-12	7	трещиноватая, пористая	900-0	6	1200

№ задания	Характеристика руды									Производительность, тыс. т/год
	Тип руды	вещественный состав	минеральный состав	физико-механические свойства				крупность, мм	гранулометрическая характеристика	
				плотность, т/м ³	крепость (по Протодьякону)	влажность, %	текстура			
20	Смешанная медьсодержащая руда	массовая доля меди в руде 1,6 %. Содержание глины значительное	малахит, азурит, тенорит, хризоколла	3,0	8-10	6	трещиноватая, пористая	700-0	2	850
21	Окисленная золотосодержащая руда.	массовая доля золота в руде 3,3 г/т. Содержание глины значительное	75	2,7	10-12	7	трещиноватая, пористая	800-0	9	1000

Учебное издание

Александр Васильевич Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению курсовой работы
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 –«Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л.В. Устьянцева
Компьютерная верстка Аксеньюшкиной М.В.

Подписано в печать 5.09.2019 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60x84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л.1,75 Уч.-изд. л. 1.56. Тираж 150 экз. Заказ № 79

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники



**Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный
университет»**

А. В. Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

*Руководство по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Гидрохимические процессы»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения*

Екатеринбург – 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горномеханического
факультета

«3» декабря 2016 г.

Председатель комиссии

 проф. В. П. Барановский

А. В. Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Гидрохимические процессы»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения

К 60

Рецензент: *Цыпин Е. Ф.*, доктор техн. наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» «15» ноября 2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

К 60 **Колтунов А. В.**

Гидрохимические процессы. Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Гидрохимические процессы» для студентов специальности «Обогащение полезных ископаемых» направления 130400.65 – «Горное дело» всех форм обучения / А. В. Колтунов; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 15 с.

В руководстве для каждой лабораторной работы приведены цель и пояснения к работе, необходимый материал и оборудование, методика выполнения работы и обработки полученных результатов, а также содержание отчета. Данное руководство составлено в соответствии с учебной программой дисциплины.

© Колтунов А. В., 2017
© Уральский государственный
горный университет, 2017

Учебное издание

Александр Васильевич Колтунов

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Гидрохимические процессы»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
направления 130400.65 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор издательства И. В. Козлов

Подписано в печать 05.12.2016 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе
Печ. л. 0,9 . Уч.-изд. л. 0,83. Тираж 150 экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
Сернокислотное выщелачивание окисленной медной руды.....	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
Цементация меди из сульфатных растворов.....	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3	
Определение динамической обменной емкости ионообменной смолы.....	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
Электроэкстракция меди из сульфатных растворов.....	16

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторных работ является закрепление и систематизация теоретических знаний, полученных при изучении курса, освоение методик постановки экспериментов, приобретение опыта работы с реактивами и оборудованием, навыков обработки и оформления экспериментальных данных.

Требования к оформлению отчета

Отчеты по лабораторным работам выполняют на листах формата А4 (210 x 297 мм). Оформление отчета должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95 «Текстовые документы».

Структура каждого отчета: наименование, цель работы, теоретическая часть, методика проведения экспериментов, результаты экспериментов и расчеты, анализ полученных результатов, выводы.

В теоретической части отчета приводят основные теоретические положения рассматриваемого процесса и его характерные особенности.

Изложение методики эксперимента должно отражать фактические условия и особенности проведения опытов.

При изложении методики указываются наименования применяемых стандартных методов анализа.

Результаты опытов сводят в таблицы, приводят общую формулу расчета и один пример расчета. Все результаты должны иметь размерность системы единиц СИ. По табличным данным строят графические зависимости.

Анализ полученных результатов включает объяснение явлений, наблюдаемых при проведении опытов (цвет растворов, осадков, покрытий, изменение окраски, газовыделение, осадкообразование, повышение или понижение температуры и т. п.); оценку влияния тех или иных факторов на характер изменения и величину основных показателей процесса; оценку соответствия протекающих химических реакций теоретическим (указать на подтверждающие признаки).

В выводах отмечают основные достигнутые результаты, выявленные закономерности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Сернокислотное выщелачивание окисленной медной руды

1. Цель работы

Изучение особенностей сернокислотного выщелачивания меди из окисленной медной руды, исследование влияния некоторых факторов на извлечение меди в продуктивный раствор.

2. Необходимые материалы, реактивы и оборудование

- окисленная медная руда (минеральный состав руды задается преподавателем);
- концентрированная серная кислота (96 %-й водный раствор с плотностью $1,84 \text{ г/см}^3$);
- вода дистиллированная;
- реакционный стакан емкостью 0,25 л;
- мерный цилиндр емкостью 0,25 л;
- три колбы емкостью 0,2 л;
- воронка для фильтрования диаметром 40-50 мм;
- бумажные фильтры;
- пробоотборник емкостью 0,01 л;
- пипетка на 5 мл;
- резиновая груша;
- мешалка механическая;
- весы электронные.

3. Проведение работы

На электронных весах взвесить 50 г исходной руды.

Используя правило «креста», рассчитать требуемое количество концентрированной серной кислоты и дистиллированной воды для приготовления 100 г 5 %-го раствора.

Приготовление раствора производить только под вытяжкой. При этом следует помнить: кислоту льют в воду, а не наоборот.

Навеску исходной руды поместить в реакционный стакан, залить приготовленным раствором для выщелачивания.

Пульпу перемешивать с помощью механической мешалки в течение 30 мин.

Через каждые 10 мин. с начала опыта с помощью пробоотборника отобрать пробу пульпы (10 см^3) и отфильтровать её через сухой бумажный фильтр в сухую колбу. Полученные фильтраты пронуме-

ровать (номер бригады, номер пробы) и подвергнуть анализу на определение концентрации меди в продуктивном растворе по методике, приведенной ниже.

После окончания опыта оставшееся содержимое реакционного стакана отфильтровать, подписать и сохранить для проведения следующей лабораторной работы.

После окончания работы промыть и протереть мешалку, привести в порядок рабочее место. Использованные бумажные фильтры с кеком выбросить в корзину для мусора.

По результатам анализов рассчитать извлечение меди в продуктивный раствор, %

$$\varepsilon_i = C_{\text{Cui}} \cdot (V_{\text{исх.}} - V_i \cdot n_i) / m \cdot \alpha,$$

где C_{Cui} – концентрация меди в i -ой пробе продуктивного раствора, г/дм³ (определяется по методике фотометрического определения меди на основе аммиачного комплекса, приведенной ниже), $V_{\text{исх.}}$ – объем исходного раствора, дм³, V_i – объем продуктивного раствора в i -ой пробе, дм³, n_i – порядковый номер i -ой пробы, m – масса навески, г, α – массовая доля меди в навеске, д. ед.

Объем исходного раствора $V_{\text{исх.}}$ рассчитывают по правилу «креста» с учетом плотности 5 %-го раствора серной кислоты (1,032 кг/ дм³). Объем продуктивного раствора в i -ой пробе рассчитывают из соотношения

$$V_{\text{исх. п.}} / V_{\text{п. i}} = V_{\text{исх.}} / V_i,$$

где $V_{\text{исх. п.}}$ – объем исходной пульпы, дм³, $V_{\text{п. i}}$ – объем пульпы i -ой пробы, дм³.

$$\text{Отсюда,} \quad V_i = V_{\text{исх.}} \cdot 0,01 / V_{\text{исх. п.}}, \text{ дм}^3.$$

Объем исходной пульпы

$$V_{\text{исх. п.}} = m (R + 1/\rho),$$

где R – массовое отношение жидкого к твердому, ρ – плотность руды, кг/дм³ (задается преподавателем).

По полученным данным строят графики зависимостей концентрации меди в продуктивном растворе и извлечения меди в продуктивный раствор от продолжительности выщелачивания $C_{\text{Cui}} = f(t)$ и $\varepsilon = f(t)$ и делают соответствующие выводы.

В теоретической части отчета необходимо:

1. Привести основные факторы, влияющие на скорость агитационного выщелачивания.

2. Привести основные показатели процесса выщелачивания.
3. Привести факторы, влияющие на выбор реагента.
4. Дать запись реакций, протекающих при выщелачивании окисленной медной руды с учетом заданного минерального состава.

4. Методика фотометрического определения меди на основе аммиачного комплекса

4.1. Теоретическая часть

Соли меди образуют с водой комплексные катионы состава $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})]^{2+}$, окрашенные в светло-голубой цвет, а в присутствии аммиака – медно-аммиачные комплексные катионы состава $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, окрашенные в темно-синий цвет. Существует также ряд промежуточных катионов, образование которых зависит от концентрации солей и аммиака в растворе. Все эти промежуточные катионы имеют различные коэффициенты поглощения света. Поэтому, работая по этой методике, воспроизводимые и точные результаты можно получить только при соблюдении одинаковых условий подготовки испытуемых растворов. Данный метод можно использовать для определения катионов меди в растворе в присутствии ионов железа, цинка и др.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

- фотоколориметр КФК-2;
- 30 %-ный водный раствор перекиси водорода H_2O_2 ;
- 25 %-ный водный раствор аммиака (плотность $0,94 \text{ г/см}^3$);
- дистиллированная вода;
- колба емкостью 0,1 л;
- пипетка на 5 мл;
- резиновая груша;
- воронка для фильтрования диаметром 40-50 мм;
- бумажные фильтры;
- три пикнометра емкостью 25 мл;
- две кюветы 50/120.

4.2. Методика проведения анализа

1. В колбу с 10 мл пробы анализируемого раствора добавляют 1 мл перекиси водорода для окисления ионов железа Fe^{2+} до Fe^{3+} , туда же добавляют 5 мл раствора аммиака.

2. Полученную смесь фильтруют. Из фильтрата отбирают аликвотную часть 2,5 мл (в случае получения сильной окраски), переводят

в пикнометр объемом 25 мл, доводят до отметки дистиллированной водой и перемешивают.

3. На фотоколориметре измеряют оптическую плотность раствора при длине волны 675 нм при применении красного светофильтра. Ручку «чувствительность» устанавливают в положение «1», отмеченное на панели красным цветом. Раствором сравнения служит дистиллированная вода. Для того, чтобы относительная ошибка определения концентрации раствора была минимальной, работу производят вблизи оптической плотности 0,1-1 (коэффициент пропускания 40-60 %). Кювета 50/120.

4. По графику (см. рисунок 1) определяют значения концентрации меди в растворе. Далее рассчитывают истинное значение концентрации меди, учитывая разбавление, г/л

$$C = C_{\text{Cu по графику}} \cdot P \cdot K / 1000,$$

где $C_{\text{Cu по графику}}$ – концентрация меди, определенная по графику, мг/л, P – разбавление раствора, K – коэффициент, учитывающий сорбцию ионов меди ионами железа (по данным практики для этого метода составляет 10 %), $K = 1,1$.

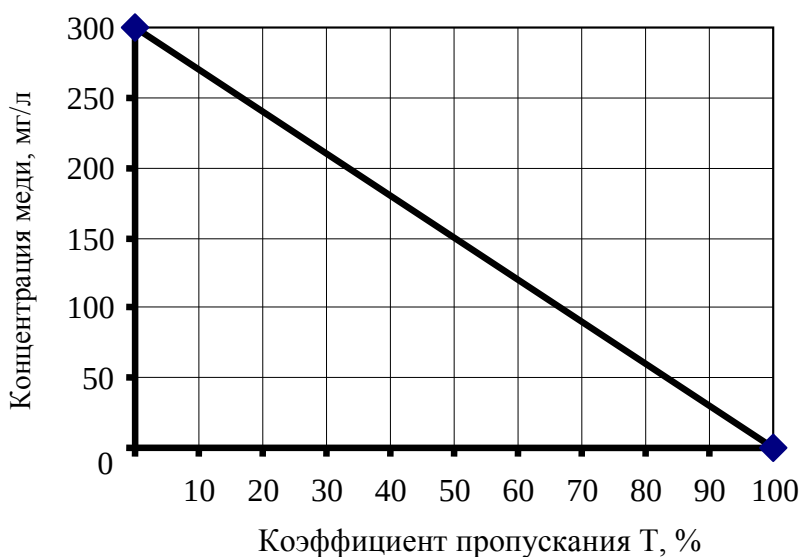


Рисунок 1. – Зависимость оптической плотности раствора от концентрации меди

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Цементация меди из сульфатных растворов

Цель работы: изучение особенностей цементации меди из сульфатных растворов, исследование влияния различных факторов на осаждение меди.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

- сульфатный продуктивный раствор меди;
- железная стружка;
- реакционный стакан емкостью 0,25 л;
- мерный цилиндр емкостью 0,10 л;
- колба емкостью 0,5 л;
- воронка для фильтрования диаметром 100 мм;
- бумажный фильтр;
- фарфоровая чашка;
- промывалка;
- мешалка механическая;
- весы электронные.

Проведение работы

Работу выполняют на продуктивном медьсодержащем растворе, полученном в лабораторной работе № 1.

На электронных весах взвешивают 2 г железной стружки и помещают в реакционный стакан. С помощью мерного цилиндра измеряют объем исходного продуктивного раствора и затем выливают его в реакционный стакан с железной стружкой.

Реакционный стакан устанавливают в мешалку и перемешивают содержимое в течение 5 мин.

По окончании перемешивания, мешалку останавливают и с помощью промывалки в реакционный стакан смывают с крыльчатки цементный осадок. Затем содержимое реакционного стакана аккуратно отфильтровывают через бумажный фильтр. Сухой бумажный фильтр должен быть предварительно взвешен на электронных весах с точностью $\pm 0,001$ г.

Фильтр с осадком помещают в фарфоровую чашку и высушивают при температуре 50-60 °С до постоянной массы и затем взвешивают на электронных весах с точностью $\pm 0,001$ г. Массу цементного осадка ($m_{\text{ос.}}$) определяют по разнице масс цементного осадка с фильтром и фильтра.

Количество меди в цементном осадке, г

$$m_{\text{Cu ос.}} = m_{\text{Cu исх.}} - m_{\text{Cu хв.}},$$

Где $m_{\text{Cu ос.}}$, $m_{\text{Cu исх.}}$, $m_{\text{Cu хв.}}$ – масса меди, соответственно, в цементном осадке, в исходном продуктивном растворе и в хвостовом растворе цементации.

$$m_{\text{Cu исх.}} = V_{\text{исх.}} \cdot C_{\text{Cu исх.}}; \quad m_{\text{Cu хв.}} = V_{\text{хв.}} \cdot C_{\text{Cu хв.}},$$

где $V_{\text{исх.}}$; $V_{\text{хв.}}$ – объемы, соответственно, исходного продуктивного раствора и хвостового раствора цементации, дм^3 , $C_{\text{Cu исх.}}$, $C_{\text{Cu хв.}}$ – концентрации меди, соответственно, в исходном продуктивном растворе и хвостовом растворе цементации, г/дм^3 .

Количество железа перешедшего в раствор в результате цементации, г

$$m_{\text{Fe хв.}} = m_{\text{Fe исх.}} - m_{\text{Fe ос.}},$$

где $m_{\text{Fe хв.}}$, $m_{\text{Fe исх.}}$, $m_{\text{Fe ос.}}$ – массы железа, соответственно, перешедшего в хвостовой раствор цементации, в исходной навеске и в цементном осадке.

$$m_{\text{Fe ос.}} = m_{\text{ос.}} - m_{\text{Cu ос.}}$$

По результатам расчетов определяют практический удельный расход железа $k_{\text{практ.}} = m_{\text{Fe хв.}} / m_{\text{Cu ос.}}$, г/г , сравнивают полученное значение со стехиометрическим и делают соответствующие выводы.

После окончания работы промыть и протереть мешалку, привести в порядок рабочее место. Использованные бумажные фильтры с кеком выбросить в корзину для мусора.

В теоретической части отчета необходимо:

1. Дать определение процесса цементации.
2. Объяснить механизм осаждения меди железом.
3. Привести реакции, протекающие при цементации меди.
4. Объяснить исчезновение окраски хвостового раствора.
5. Привести основные факторы, влияющие на полноту и скорость процесса осаждения меди.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Определение динамической обменной емкости ионообменной смолы

Цель работы: освоение методики определения величины динамической обменной ёмкости ионообменных смол.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

- модельный сульфатный никельсодержащий раствор с заданной концентрацией никеля и величиной рН (задается преподавателем);
- ионообменная смола-катионит КБ4 или КБ-4П-2;
- установка для определения величины динамической емкости

СМОЛЫ;

- рН-метр;
- 1%-й раствор диметилглиоксима;
- мерный цилиндр емкостью 0,50 л;
- колба емкостью 0,5 л;
- химический стакан 0,2 л;
- зажим;
- весы электронные;
- линейка.

Проведение работы

Работу выполняют на модельном сульфатном никельсодержащем растворе с концентрацией никеля от 0,7 до 1,2 г/л и величиной рН от 4 до 6.

На электронных весах с точностью 0,01 г взвешивается 50 г заранее приготовленного катионита в набухом состоянии.

Модельный сульфатный никельсодержащий раствор объемом 0,5 л заливается в расходную емкость установки (см. рисунок 2) для определения величины динамической емкости смолы. С помощью вентиля настраивается расход раствора при фильтровании (2-4 объема раствора через объем набухшего катионита в час).

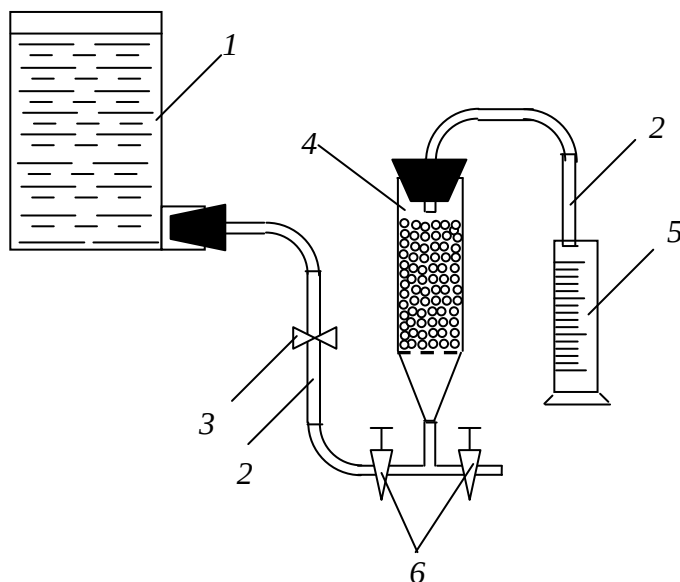


Рисунок 2. – Установка для определения динамической обменной ёмкости ионообменных смол:

1 – емкость для модельного раствора; 2 – резиновая трубка; 3 – зажим; 4 – сорбционная колонка с ионообменной смолой; 5 – мерный цилиндр для сбора фильтрата; 6 – вентили.

После настройки расхода раствора с помощью зажима перекрывается подача раствора в сорбционную колонку установки.

Навеска набухшего катионита в Н-форме помещается в сорбционную колонку установки и определяется его объем.

В емкость для сбора фильтрата подается 5 мл 1%-го раствора диметилглиоксима, после чего убирается зажим и осуществляется подача модельного раствора в фильтровальную колонку с набухшим катионитом.

В ходе работы визуально фиксируется момент появления осадка красного цвета, свидетельствующего о начале «проскока» никеля, после чего с помощью вентиля прекращается подача модельного раствора в сорбционную колонку установки.

С помощью мерного цилиндра измеряется объем полученного фильтрата до «проскока».

После задания преподавателем общего объема фильтрата, соответствующего полному насыщению смолы, строится график выходной кривой сорбции (аналогично графику, приведенному на рисунке 3) и рассчитывается величина ДОЕ и ПДОЕ для данного катионита по никелю.

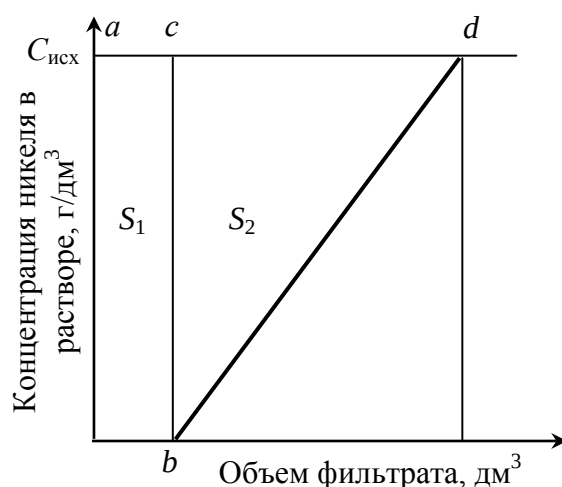


Рисунок 3. – График выходной кривой сорбции

В теоретической части отчета необходимо:

1. Дать определение процесса ионного обмена.
2. Объяснить структуру гелевых и макропористых ионитов.
3. Объяснить, как подразделяются смолы по кислотно-щелочным свойствам и какова область их действия.
4. Объяснить механизм набухания ионообменной смолы.
5. Объяснить как определяется емкость смол в статических и

динамических условиях.

6. Привести основные факторы, влияющие на скорость процесса ионного обмена.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Электроэкстракция меди из сульфатных растворов

Цель работы: изучение особенностей электроэкстракции меди из сульфатных растворов, исследование влияния различных факторов на процесс электроосаждения меди.

Необходимые материалы, реактивы и оборудование:

- модельный раствор рабочего медьсодержащего электролита с заданной концентрацией меди и величиной pH;
- электролизная установка (фарфоровый стакан и три электрода на кронштейне);
- выпрямитель тока с амперметром;
- фильтровальная бумага;
- наждачная бумага;
- линейка;
- фарфоровая чашка;
- весы электронные.

Проведение работы

Работу выполняют на модельном растворе рабочего медьсодержащего электролита.

Конструкция, используемой в работе электролизной установки приведена на рисунке 4.

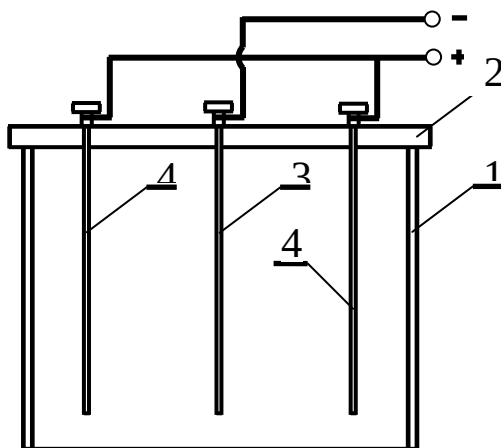


Рисунок 4. – Устройство электролизной установки:
1 – фарфоровый стакан; 2 – кронштейн; 3 – катод; 4 – аноды.

Перед проведением опыта наждачной бумагой зачищают поверхность катода, затем катод взвешивают на электронных весах с точностью $\pm 0,001$ г, после чего закрепляют его на кронштейне симметрично анодам.

В фарфоровый стакан заливают медьсодержащий электролит до уровня примерно на 10-15 мм ниже обреза стакана и устанавливают кронштейн с электродами.

Убедившись, что выпрямитель отключен от сети, соединяют его клеммы проводами с электролизной установкой, соблюдая полярность.

После того как преподаватель проверит правильность соединений, включить выпрямитель и установить на амперметре требуемое значение силы тока.

По окончании опыта (продолжительность электроэкстракции задается преподавателем) выключить выпрямитель. Не допуская потерь катодного осадка, кронштейн с электродами аккуратно вынимают из электролита и промывают электроды, опуская их несколько раз в фарфоровый стакан с водой.

С кронштейна аккуратно снимают катод, помещают его в фарфоровую чашку, высушивают и взвешивают на электронных весах с точностью $\pm 0,001$ г. После этого с помощью линейки измеряют площадь катодного осадка.

По результатам работы рассчитывают плотность катодного тока, A/m^2

$$D = I / S,$$

где I – сила тока, А, S – площадь катодного осадка, m^2 .

Выход меди по току, %

$$E = m \cdot 100 / m_{\text{теор}},$$

где m – масса меди, практически выделившейся на катоде, г, $m_{\text{теор.}}$ – масса меди, которая теоретически могла бы выделиться на катоде, г.

$$m_{\text{теор.}} = k_{\text{эл. хим}}^{\text{Cu}} \cdot I \cdot t,$$

где $k_{\text{эл. хим}}^{\text{Cu}}$ – электрохимический коэффициент меди, I – сила тока, А, t – продолжительность электроэкстракции, ч.

$$k_{\text{эл. хим}}^{\text{Cu}} = \mathcal{E}_{\text{Cu}} / F, \text{ г/А} \cdot \text{ч},$$

где $\mathcal{E}_{\text{Cu}}$ – грамм-эквивалент меди, равный 31,77 г, F – число Фарадея, равное 26,8 А·ч.

После окончания работы электролит вылить в емкость для отра-

ботанного электролита, промыть электролизную установку, привести в порядок рабочее место, мусор выбросить в корзину.

В теоретической части работы необходимо:

1. Объяснить, в чем отличие процесса электроэкстракции от процесса электрорафинирования.
2. Записать реакции, протекающие на катоде и аноде при электроэкстракции.
3. Объяснить, как влияют примеси железа на электроэкстракцию меди.
4. Объяснить, с какой целью в электролит подают ПАВ.
5. Привести основные факторы, влияющие на полноту и скорость процесса осаждения меди.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Б1.В.11 ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

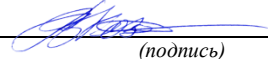
форма обучения: очная, заочная

Автор: Колтунов А. В., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

 **УТВЕРЖДАЮ**
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Б1.В.ДВ.01.01 КОМПЬЮТЕРНЫЕ РАСЧЁТЫ В ОБОГАЩЕНИИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация № 6
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доцент, к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
<i>Задача 1.</i> Создание шаблона текстового документа	5
<i>Задача 2.</i> Поиск информации и оформление списка использованных источников	6
<i>Задача 3.</i> Расчёт и построение розы ветров	8
<i>Задача 4.</i> Расчёт и построение гранулометрической характеристики	10
<i>Задача 5.</i> Расчёт и построение кривых контрастности, обогатимости и разделения	12
<i>Задача 6.</i> Расчёт показателей технологической схемы обогащения различными методами.....	17
<i>Задача 7.</i> Расчёт и выбор оборудования.....	24
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	27

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения учебной дисциплины «Компьютерные расчёты в обогащении» является овладение методиками расчёта схем обогащения; освоение методов компьютерного моделирования; овладение навыками безопасного поиска информации в сети Internet. Сложность инженерных расчётов, выполняемых в обогащении полезных ископаемых, требует овладения навыками составления и вычисления формул при помощи ПК.

Для достижения указанной цели необходимо формирование у студентов-обогащителей необходимых знаний в области овладения методами расчёта технологических обогащения схем, знаний о способах расчёта схем, овладение навыками составления расчётных формул в программе для расчёта электронных таблиц (Excel), овладение навыками составления и оформления текстовой и графической документации в электронном виде.

Результатом освоения дисциплины «Компьютерные расчёты в обогащении» является формирование у обучающихся следующих *общепрофессиональных и профессионально-специализированных* компетенций:

- способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности (ОПК-1);

- умение пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов (ОПК-7);

- готовность применять современные информационные технологии, автоматизированные системы проектирования обогащительных производств (ПСК-6.5).

Курсовая работа является средством промежуточного контроля, предназначенного для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать

собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

Курсовая работа выполняется студентом самостоятельно в течение всего семестра, состоит из ряда типовых задач, выполняемых по индивидуальному заданию, выдаваемом в начале семестра.

В настоящем учебно-методическом пособии даны краткие формулировки задач и варианты для индивидуальных заданий.

Объяснения по решению задач и решение элементов задач даются на практических занятиях, там же осуществляется контроль за выполнением заданий.

Пояснительная записка курсовой работы состоит из двух разделов:

Раздел 1. Работа в текстовом редакторе MS WORD.

Раздел 2. Работа в табличном редакторе MS EXCEL.

Все выполненные задачи оформляются в единый электронный документ с последующей распечаткой пояснительной записки. Пояснительная записка сдаётся студентом на проверку. После проверки пояснительной записки проводится защита курсовой работы в устной форме.

Оценка выставляется по итогам проверки пояснительной записки и устной защиты. Принимается во внимание оформление пояснительной записки.

Задача 1.

Создание шаблона текстового документа

Задание: Создать шаблон текстового документа.

Пояснения к заданию

При выполнении курсовой работы каждый студент создаёт свой личный шаблон текстового документа с заданными настройками. Впоследствии все текстовые документы (пояснительные записки курсовых проектов и работ, отчёты по лабораторным и практическим работам и т. п.) рекомендуется выполнять на основе этого шаблона.

В шаблоне текстового документа должно быть создано:

- титульный лист;
- страница «Содержание»;
- страница(ы) для основной части тестового документа;
- страница «Список использованных источников».

Также в созданном шаблоне необходимо выполнить расстановку переносов и вставить нумерацию страниц. Титульный лист имеет порядковый номер один, однако номер страницы на нём не ставится. В составе курсовой работы есть задание, которое размещается после титульного листа и имеет порядковый номер два. В шаблоне рекомендуется зарезервировать страницу с номером три под размещение содержания документа.

В созданном шаблоне необходимо создать стили заголовков, подрисуночных подписей, названий таблиц и содержимого таблиц.

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ подробно рассмотрены вопросы создания шаблона и форматирования текстовых документов.

Контроль выполнения задания

Созданный шаблон, сохранённый в формате *ФамилияИО.dotx*, высылается для проверки преподавателю.

Задача 2.
Поиск информации и оформление
списка использованных источников

Задание: для заданного химического элемента выполнить поиск информации, оформить список использованных источников.

Исходные данные

Номер варианта						
A	I	10	1	2	3	4
		медь	золото	цинк	марганец	хром
	II	литий	железо	бор	никель	фтор
	III	натрий	ванадий	алюминий	палладий	титан
B	IV	хлор	бериллий	кальций	скандий	стронций
	I	германий	неодим	литий	теллур	скандий
	II	кадмий	магний	молибден	рубидий	серебро
	III	кремний	барий	кобальт	углерод	сера
C	IV	уран	селен	бром	осмий	иридий
	I	платина	углерод	вольфрам	калий	йод
	II	мышьяк	калий	сурьма	фосфор	германий
	III	цезий	олово	ртуть	свинец	висмут
A	IV	цирконий	ниобий	бериллий	сера	ванадий
		5	6	7	8	9
	I	золото	неодим	литий	теллур	скандий
	II	кадмий	магний	молибден	рубидий	серебро
B	III	кремний	барий	кобальт	углерод	медь
	IV	литий	железо	бор	никель	фтор
	I	медь	золото	цинк	марганец	хром
	II	мышьяк	калий	сурьма	фосфор	германий
C	III	натрий	железо	алюминий	палладий	титан
	IV	платина	кобальт	вольфрам	калий	йод
	I	уран	селен	бром	осмий	иридий
	II	хлор	бериллий	кальций	скандий	стронций
A	III	цезий	олово	ртуть	свинец	висмут
	IV	цирконий	ниобий	бериллий	сера	ванадий

Например, для варианта 2-B-III заданным элементом будет кобальт.

Пояснения к заданию

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо выполнить поиск информации о заданном химическом элементе по пунктам:

1. История открытия и происхождения химического элемента.
2. Химические свойства и область применения химического элемента.
3. Основные минералы и руды, в состав которых входят минералы химического элемента.
4. Основные технологии обогащения руд, в состав которых входит химический элемент.
5. Пример обогатительного предприятия, перерабатывающего руды, в состав которых входит химический элемент.

Собранная информация должна содержать не менее трёх рисунков и трёх таблиц. Общий объём не более 10-15 страниц.

Таблицы следует выполнять средствами MS Word. Рисунки, представляющие собой принципиальные или технологические схемы обогащения, также следует выполнять средствами MS Word.

Параллельно с поиском информации надлежит составить и оформить в соответствии с требованиями список использованных источников, объёмом не менее пяти источников.

По мере накопления информация вносится в текстовый документ *ФамилияИО.docx*, созданный на основе шаблона. После завершения сбора информации полученный документ следует отредактировать в соответствии с требованиями.

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ подробно рассмотрены вопросы редактирования текстовых документов.

Контроль выполнения задания

По мере сбора и форматирования текстовый документ проверяется преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде раздела 1 пояснительной записки курсовой работы.

Задача 3.

Расчёт и построение розы ветров

Задание: сбор и обработка информации о климатических условиях в заданном населённом пункте. Рассчитать и построить лепестковую диаграмму (розу ветров) для заданных месяцев текущего года.

Исходные данные

Номер варианта			Номер варианта		
0	A	Алдан	5	A	Курск
	B	Анапа		B	Москва
	C	Апатиты		C	Мурманск
1	A	Белгород	6	A	Новороссийск
	B	Благовещенск		B	Пермь
	C	Владивосток		C	Санкт-Петербург
2	A	Гай	7	A	Кемерово
	B	Екатеринбург		B	Симферополь
	C	Иркутск		C	Томск
3	A	Казань	8	A	Тюмень
	B	Калининград		B	Хабаровск
	C	Костомукша		C	Ханты-Мансийск
4	A	Краснодар	9	A	Магадан
	B	Красноуральск		B	Чита
	C	Красноярск		C	Якутск
I		декабрь, январь, февраль	II		март, апрель, май
III		июнь, июль, август	IV		сентябрь, октябрь, ноябрь

Пояснения к заданию

Решение этой и последующих задач осуществляется в документе MS Excel с именем *ФамилияИО.xlsx* и оформляется в пояснительной записке в виде отдельных пунктов раздела 2.

Для каждой новой задачи следует выбирать новый лист в документе, называя его по номеру задачи. Таким образом, в документе должно находиться пять листов: *Задача 3*, ... *Задача 7*.

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо выполнить поиск информации о природно-климатических и метеорологических условиях территории

необходимо указать такие показатели как климат района, среднегодовую температуру, абсолютные максимум и минимум температур, среднегодовое количество осадков. Для поиска рекомендуется воспользоваться информацией климатических сайтов.

В листе *Задача 3* необходимо привести исходную таблицу для расчёта розы ветров по приведённой ниже форме.

День	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Ш
1		2							
...						1			
91 (92)				8					

Для формирования этой таблицы рекомендуется воспользоваться дневником погоды сайта gismeteo.ru.

Общее количество дней равно сумме дней за три месяца, в строке, соответствующей дню, указывается только одно значение – скорость ветра в м/с, значение проставляется в столбце, соответствующему направлению ветра. При наличии штилевых дней (Ш) в соответствующем столбце ставится значение 0.

На основе исходно таблице необходимо сформировать и рассчитать таблицу для построения лепестковой диаграммы (розы ветров) по форме таблицы 1.

Таблица 1 – Показатели розы ветров

Показатель	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Ш
Количество дней с ветром									
Частота ветра, %									
Средняя скорость ветра, м/с									0

На основании рассчитанной таблицы строится роза ветров для заданного населённого пункта. После формирования таблицы необходимо выполнить статистическую обработку массива на выявление максимального значения скорости ветра.

Алгоритм расчёта таблицы и построения лепестковой диаграммы рассмотрен в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ.

На полученной розе ветров необходимо указать стрелкой преобладающее направление ветра, а также предложить вариант размещения предприятия (обогачительной фабрики) с учётом розы ветров.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.1 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте приводится описание природно-климатических и метеорологических условий территории, таблица расчётных показателей, лепестковая диаграмма с дополнительной информацией. Также необходимо обосновать предложенный вариант размещения предприятия.

Задача 4.

Расчёт и построение гранулометрической характеристики

Задание: Рассчитать и построить гранулометрическую характеристику. Определить выход заданного класса крупности.

Пояснения к заданию

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо в документе MS Excel рассчитать таблицу гранулометрического состава и построить гранулометрическую характеристику в виде точечной диаграммы.

Расчётная таблица для построения гранулометрической характеристики выполняется по форме таблицы 2.

Таблица 2 – Гранулометрический состав

Класс крупности, мм	Выход			
	частный		суммарный, %	
	кг	%	по плюсу	по минусу
$-D_{\max}+0,85D_{\max}$				
$-0,85D_{\max}+0,7D_{\max}$				
....				
$-0,1D_{\max}+0$				
Итого	<i>M</i>	100,00	–	–

Исходные данные

Класс крупности, мм	Частный выход, %									
	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$-0,1D_{\max}+0$	20	12	8	10	26	4	20	3	5	5
$-0,2D_{\max}+0,1D_{\max}$	12	16	18	12	18	6	7	10	44	25
$-0,3D_{\max}+0,2D_{\max}$	11	15	17	6	15	5	11	22	17	13
$-0,4D_{\max}+0,3D_{\max}$	13	17	14	25	12	2	6	23	9	10
$-0,5D_{\max}+0,4D_{\max}$	14	13	12	13	9	11	9	25	8	10
$-0,6D_{\max}+0,5D_{\max}$	12	11	6	15	7	40	21	5	1	8
$-0,7D_{\max}+0,6D_{\max}$	5	9	7	8	8	8	11	7	2	5
$-0,85D_{\max}+0,7D_{\max}$	7	3	8	3	3	11	10	3	3	3
$-D_{\max}+0,85D_{\max}$	6	4	10	8	2	13	5	2	11	21
Масса пробы, кг	A			B			C			
	155			205			91			
Вид суммарной характеристики	I, III					II, IV				
	по плюсу					по минусу				
$D_{\max}$, мм	I		II		III		IV			
	1400		900		600		500			
Границы класса крупности	(0,35- 0,75) $D_{\max}$		(0,15- 0,55) $D_{\max}$		(0,25- 0,75) $D_{\max}$		(0,45- 0,65) $D_{\max}$			

В таблице 2 классы крупности записывают по убыванию, приводя полученные в зависимости от $D_{\max}$ значения границ классов крупности, округлённые до целого числа.

Массу каждого класса крупности рассчитывают в зависимости от частного выхода по формуле:

$$m_i = M \cdot \gamma_i / 100,$$

где γ_i – частный выход i -го класса крупности (по заданию), %.

Алгоритм расчёта суммарных выходов по плюсу и по минусу и построения точечной диаграммы рассмотрен в учебно-методическом пособии по выполнению практических работ.

Выход заданного класса крупности определяют графически по построенной гранулометрической характеристике.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.2 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте следует привести описание назначения гранулометрической характеристики, расчётную таблицу, точечную диаграмму с графическим решением.

Задача 5.

Расчёт и построение кривых контрастности, обогатимости и разделения

Задание: выполнить статистическую обработку массива данных, рассчитать и построить плотности распределения по массовой доле компонента и признаку разделения, рассчитать и построить интегральную функцию распределения, выполнить фракционирование массива по величине массовой доли компонента и признаку разделения, рассчитать и построить кривые контрастности, обогатимости и разделения, выполнить прогноз технологических показателей для заданных условий разделения.

Пояснения к заданию

Фракционный состав продуктов является важнейшей информацией при выборе метода разделения и прогнозе технологических показателей. Фракционный состав продуктов можно получить двумя способами: путём фракционирования исходной пробы с получением нескольких (не менее пяти) фракций, либо измерением значений признака разделения и массовой доли во всех кусках пробы (покусковое изучение свойств).

Фракционирование широко применяется для фракционного анализа углей по плотности, руд по плотности, удельной магнитной восприимчивости, электропроводности, флотируемости и т. п. Чаще всего фракционирование выполняют на лабораторном обогатительном аппарате в режиме анализа или специальной установке для фракционного анализа. От полученных в результате анализа фракций (не менее пяти) отбирают пробу и посредством химического анализа определяют массовую долю компонента в каждой из фракций. Результаты фракционного анализа используют

для расчёта и построения кривых обогатимости и разделения, а также для прогноза технологических показателей разделения.

Покусковое изучение свойств применяют только для крупнокусковых материалов ($100 < d < 10$ мм), этот способ является более трудоёмким и затратным, так как необходимо определить величину признака разделения и массовую долю компонента в каждом куске изучаемой пробы, количество таких кусков может быть от 20 и более. При этом, после получения величины признака разделения (или нескольких признаков), каждый кусок доводят до крупности химического анализа с последующим определением массовой доли компонента в каждом куске. Преимуществом данного способа является возможность получения более полной информации о свойствах изучаемой пробы. Кроме того, фракционный состав продукта, получаемый этим способом, является основной для расчёта и построения кривых контрастности, являющихся кривыми предельной обогатимости, по которым можно выполнить прогноз предельных показателей разделения.

При покусковом изучении свойств информация о фракционном составе представляет собой массив данных, состоящий из нескольких столбцов, несущих информацию о свойствах каждого куска, и строк, равных количеству изученных кусков.

Табличный процессор MS Excel позволяет проводить статистическую обработку данных в массивах любых размеров, а также выполнять сортировку и группирование данных с последующим построением различных зависимостей в виде диаграмм.

В задаче 5 рассмотрен вариант покускового изучения свойств пробы, состоящей из 45 кусков. Для каждого куска получены следующие исходные данные: масса m , г; массовая доля компонента в куске α , % и значение величины признака разделения ξ , усл. ед.

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту необходимо сформировать в соответствующем листе Excel массив данных и все последующие расчёты выполнять в этом листе.

Исходные данные

№ куска	Масса m , г										Массовая доля a , %			Признак разделения ξ , усл. ед.			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A	B	C	I	II	III	IV
1	19	10	22	10	36	10	14	30	30	34	0,2	1,5	0,8	4,3	35,9	8,8	11,3
2	8	7	19	16	12	21	9	8	35	34	0,2	1,6	0,9	5,3	42,6	7,7	14,5
3	15	10	18	13	23	37	15	21	19	36	6,0	3,5	3,5	9,1	5,6	3,8	51,2
4	14	7	14	13	22	32	88	9	24	40	0,1	1,1	0,6	5,0	46,9	8,3	7,9
5	7	7	16	17	40	15	28	10	20	22	0,3	1,7	1,1	5,8	24,7	7,3	24,9
6	14	18	9	15	11	20	24	20	21	19	0,2	1,6	0,9	6,0	29,7	7,2	13,2
7	5	16	31	16	10	20	10	19	11	21	0,2	1,6	1,0	5,7	31,8	9,0	13,9
8	14	14	12	24	12	10	18	12	24	9	0,1	0,7	0,3	3,8	51,2	9,1	5,6
9	8	7	14	38	34	21	10	14	25	14	0,9	2,4	2,1	8,1	15,3	5,1	23,2
10	6	7	24	9	20	18	7	15	10	11	1,5	2,5	2,2	7,2	13,2	6,0	29,7
11	23	13	16	22	27	13	14	6	26	21	4,3	3,5	3,3	9,2	6,2	4,0	12,4
12	14	11	26	20	12	19	21	9	27	18	0,1	1,4	0,8	4,6	49,1	9,3	9,4
13	24	9	9	11	9	13	22	12	18	18	0,1	0,3	0,2	4,1	40,5	8,7	8,5
14	17	10	6	8	13	9	29	15	23	27	0,3	1,7	1,0	5,1	23,2	8,1	15,3
15	18	13	17	7	6	14	10	7	20	14	4,0	3,1	3,1	8,3	7,9	5,0	46,9
16	15	13	7	12	14	7	10	8	13	13	0,3	2,1	1,5	6,7	25,4	7,0	15,5
17	6	16	10	19	23	20	10	8	12	19	0,4	2,1	1,6	6,5	21,0	6,5	21,0
18	16	8	14	9	16	19	18	8	17	19	1,7	2,7	2,4	7,1	10,3	4,7	34,0
19	28	19	32	6	36	9	16	18	15	17	0,9	2,4	2,1	7,3	24,9	5,8	24,7
20	14	10	6	10	32	27	10	20	14	20	1,5	2,6	2,2	7,7	14,5	5,3	42,6
21	10	12	13	9	24	7	24	15	22	12	0,2	1,5	0,8	4,2	38,3	8,6	9,1
22	10	10	23	15	7	16	8	15	10	17	1,8	2,7	2,4	7,8	9,2	4,8	36,1
23	9	12	14	24	18	14	8	12	8	14	3,2	2,9	2,7	8,8	11,3	4,3	35,9
24	9	15	23	10	5	7	22	10	15	19	0,6	2,3	1,8	7,6	16,7	6,1	24,4
25	12	15	15	9	13	10	30	16	14	12	3,8	2,9	2,9	8,5	7,3	4,5	44,8
26	20	15	19	12	7	10	10	11	12	12	0,3	1,8	1,3	5,5	18,9	8,2	17,7
27	13	10	35	10	19	21	32	23	16	14	0,1	1,1	0,4	4,0	12,4	9,2	6,2
28	35	24	22	17	8	13	19	6	15	9	0,2	1,6	0,9	4,8	36,1	7,8	9,2
29	11	24	10	11	44	10	16	7	22	13	0,8	2,4	2,0	8,2	17,7	5,5	18,9
30	16	11	13	8	38	13	12	11	15	10	1,3	2,5	2,1	8,0	14,8	5,6	27,5
31	18	11	19	6	42	16	8	12	23	15	3,4	2,9	2,8	9,3	9,4	4,6	49,1
32	12	8	16	10	44	20	8	12	13	20	0,4	2,2	1,7	7,0	15,5	6,7	25,4
33	19	14	8	7	30	9	13	19	13	23	0,3	1,9	1,4	6,1	24,4	7,6	16,7
34	10	11	10	8	30	8	14	15	26	13	0,3	1,9	1,5	6,2	53,4	6,6	14,6
35	21	9	20	10	25	14	20	9	25	11	0,4	2,2	1,8	6,6	14,6	6,2	53,4
36	9	9	20	5	14	27	13	17	18	19	0,2	1,6	0,9	4,7	34,0	7,1	10,3
37	31	15	12	8	20	9	22	15	14	21	0,3	1,8	1,4	5,2	16,7	7,5	15,1
38	6	10	18	7	18	14	9	24	42	13	1,1	2,4	2,1	9,0	13,9	5,7	31,8
39	11	11	15	16	35	8	11	7	15	12	0,1	1,3	0,7	4,5	44,8	8,5	7,3
40	15	10	11	14	13	19	16	18	15	17	2,4	2,7	2,5	8,6	9,1	4,2	38,3
41	7	8	15	12	12	9	18	30	21	32	0,6	2,3	1,9	7,5	15,1	5,2	16,7
42	13	11	9	7	33	10	17	20	19	6	0,2	1,6	0,9	5,6	27,5	8,0	14,8
43	16	8	7	11	12	10	17	10	20	36	0,4	2,1	1,6	6,3	17,0	6,8	24,2
44	9	9	23	6	43	19	8	12	6	14	0,3	2,1	1,5	6,8	24,2	6,3	17,0
45	13	18	12	9	22	13	14	10	19	19	12,1	4,6	4,5	8,7	8,5	4,1	40,5

Для статической обработки массива необходимо определить:

- границы изменения массовой доли компонента ($\alpha_{\min}$, $\alpha_{\max}$) и признака разделения ($\xi_{\min}$, $\xi_{\max}$);
- средние и средневзвешенные значения массовой доли компонента ($\alpha_{\text{ср}}$, $\alpha_{\text{срв}}$) и признака разделения ($\xi_{\text{ср}}$, $\xi_{\text{срв}}$);
- коэффициент корреляции между величинами массовой доли компонента и признака разделения.

Статистическая обработка выполняется в листе Excel с применением статистических формул и формул ссылок и массивов.

По данным исходным массива необходимо выполнить расчёт и построение:

- поля корреляции в осях «Массовая доля компонента – Признак разделения»;
- плотностей распределения и интегральных функций распределения по массовой доле компонента и признаку разделения.

Для выполнения фракционного анализа по величине массовой доли компонента следует:

- провести сортировку исходного массива по возрастанию массовой доли;
- рассчитать покусковую фракционную характеристику пробы, описанной массивом данных;
- по результатам расчёта фракционной характеристики построить кривые контрастности (предельной обогатимости);
- определить предельные показатели разделения по кривым контрастности для заданных преподавателем условий.

Для выполнения фракционного анализа по величине признака разделения следует:

- провести сортировку исходного массива по возрастанию величины признака разделения;
- задать границы и выделить не менее пяти, но не более семи фракций;

- рассчитать фракционную характеристику пробы;
- по результатам расчёта фракционной характеристики построить кривые обогатимости и кривые разделения;
- определить показатели разделения по кривым обогатимости и разделения для заданных преподавателем условий.

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по практическим занятиям подробно рассмотрены все элементы решения данной задачи.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.3 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте приводятся

- результаты статистической обработки массива в виде таблицы и поля корреляции;
- плотность распределения и интегральная функция распределения для вариантов I и III по массовой доле компонента, для вариантов II и IV – по признаку разделения;
- кривые контрастности;
- развёрнутая фракционная характеристика в виде таблицы, кривые обогатимости и разделения;
- сравнительная таблица с показателями разделения, определёнными по кривым контрастности, обогатимости и разделения.

В выводе к задаче необходимо указать в чём причина отличия показателей разделения, полученных по разным видам кривых.

Задача 6.

Расчёт показателей технологической схемы обогащения различными методами

Задание: рассчитать технологическую схему обогащения балансовым, итерационными и матричным методами.

Пояснения к заданию

Расчёт технологических схем является одной из самых важных задач в обогащении полезных ископаемых. Наиболее сложными, трудоёмкими и ответственными являются расчёты качественно-количественных схем обогащения, для которых вычисляют выходы продуктов разделения по известным массовым долям компонентов в них.

Существует три основных метода расчёта схем обогащения:

- балансовый, использующий уравнения технологического баланса;
- итерационный, основанный на многократном расчёте выходов продуктов с учётом меняющихся исходных данных;
- матричный, заключающийся в составлении и перемножении матрицы исходного продукта и обратной матрицы продуктов разделения.

Расчёт качественно-количественной схемы выполняется в такой последовательности:

- составление и расчёт технологического баланса схемы по конечным продуктам;
- задание массовых долей всех продуктов разделения;
- расчёт выходов всех продуктов разделения одним из известных методов;
- оформление результатов расчёта в виде таблицы и схемы.

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту предлагается схема, значения массовых долей всех продуктов разделения, извлечение в один из конечных продуктов (концентрат или хвосты) и производительность по исходному.

Исходные данные

Продукт	Номер варианта														
	Схема 1			Схема 2			Схема 3			Схема 4			Схема 5		
	Массовая доля в продукте, %														
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Исходный	1,8	1,5	0,8	1	2,3	5,8	1,5	2,5	0,5	1,6	3,6	2	1,2	1	0,8
1	14,4	13,5	6,1	9	16,6	29,6	10,5	12,7	4,5	12,8	28,8	16	9,36	7,9	6,8
2	0,6	1,0	0,7	0,3	0,7	1,9	0,6	1,0	0,2	0,7	1,6	0,9	определить		
3	27,4	26,3	10,8	17	25	45	16,8	20,4	8,5	22	35	27	16,8	14,2	12,8
4	1,6	1,3	0,7	1,6	2,1	4,5	1,6	2,0	0,4	1,3	3,1	3,1	1,1	0,9	0,6
5	3,6	3,0	1,5	2	4,6	11,6	3,0	5,0	1,0	3,2	7,2	4	28,6	22,7	23,7
6	определить			определить			определить			0,6	1,1	0,6	7,5	7,5	6,5
7	45,0	50,0	18,0	1,1	3,2	1,8	45	35	40	1,1	3,2	1,8	45	35	40
8	12,2	10,0	5,1	-	-	-	12,7	13	10,5	определить			12,7	13	10,5
9	-	-	-	-	-	-	33	41	25	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	20,1	27,2	7,8	-	-	-	-	-	-
Извлечение в концентрат, %		I	82	87			95			90			97		
		II	70	92			85			75			95		
Извлечение в хвосты, %		III	20	7			10			20			9		
		IV	16	5			8			18			7		
Производительность по исходному Q, т/ч		I	100	200			35			806			513		
		II	150	1800			18			196			257		
		III	300	450			141			297			432		
		IV	350	508			305			103			105		
Продукт	Схема 6			Схема 7			Схема 8			Схема 9			Схема 10		
	Массовая доля в продукте, %														
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Исходный	1,8	0,8	1,5	1,4	2,6	0,6	2,5	1,5	0,9	1,5	1,1	2,1	1,3	3,3
1	9	7,2	13,5	9,8	18,2	5,4	6,5	10	8	11,3	9,9	18,9	11,8	26,4	8,1
2	определить			1,3	0,2	0,4	1,4	0,8	0,5	0,4	0,3	0,6	0,4	2,8	0,7
3	15,3	13,7	25,7	16,7	30	10,3	5	3	1,8	20	18	35	23	50	15
4	2,1	0,7	1,3	1,6	2,3	0,5	1,2	0,6	0,4	1,6	0,9	1,9	1,6	2,5	0,8
5	23	24	45	2,8	5,2	1,2	2	1,5	0,9	3	2,2	4,2	2,6	25	7,8
6	8,8	6,8	12,9	0,3	0,9	0,2	определить			определить			определить		
7	-	-	-	25	45	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	9,5	17,5	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	0,8	2,6	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	определить					-	-	-	-	-	-	-
Извлечение в концентрат, %		I	89	93			80			84			88		
		II	87	83			70			94			95		
Извлечение в хвосты, %		III	12	2			25			5			7		
		IV	10	10			19			15			11		
Производительность по исходному Q, т/ч		I	96	721			215			1024			190		
		II	183	157			438			115			290		
		III	75	211			673			222			979		
		IV	190	613			911			44			659		

Схема 1

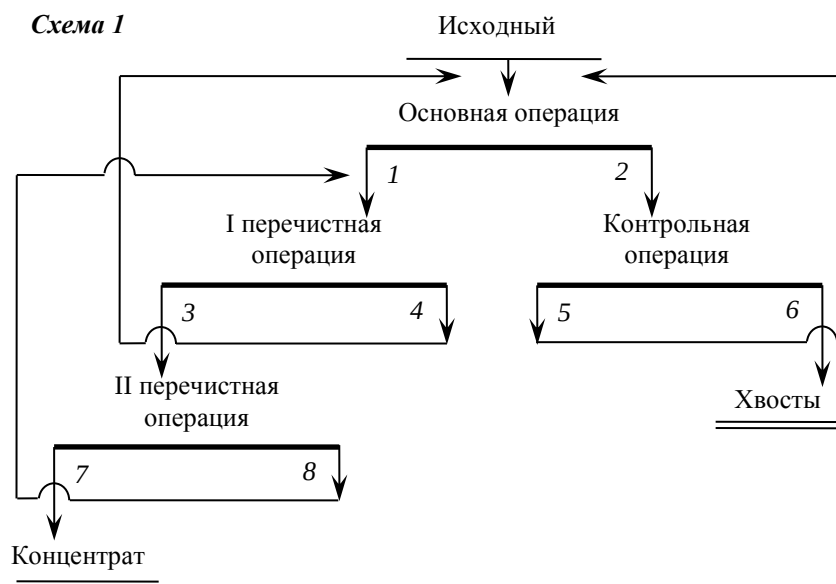


Схема 2

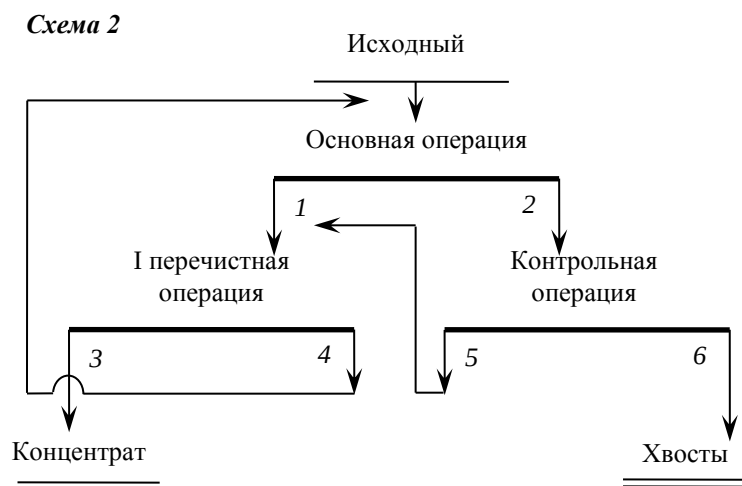
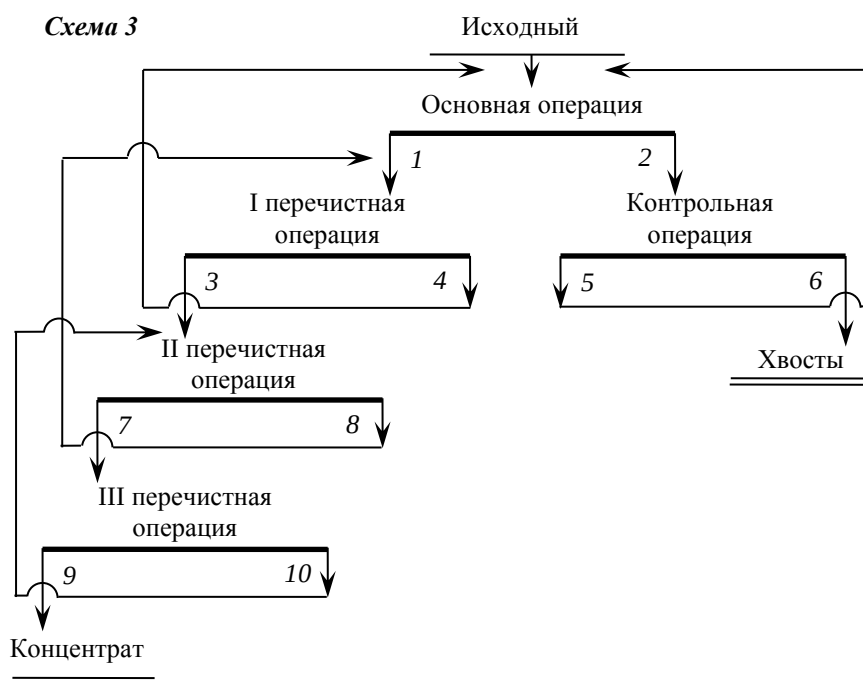
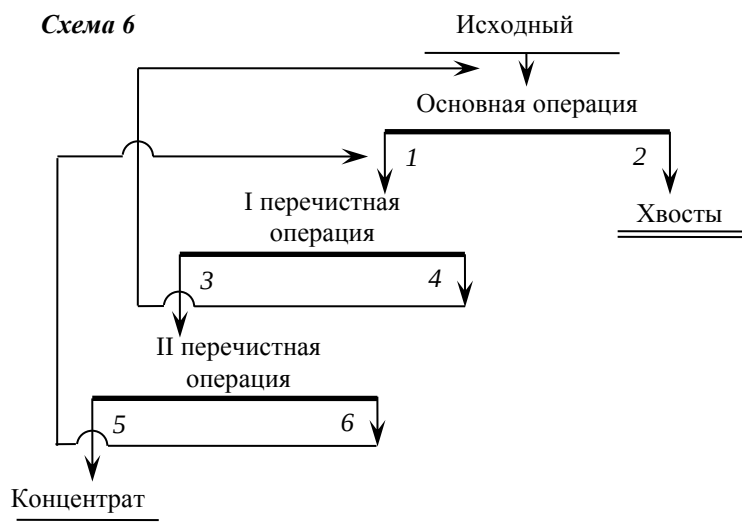
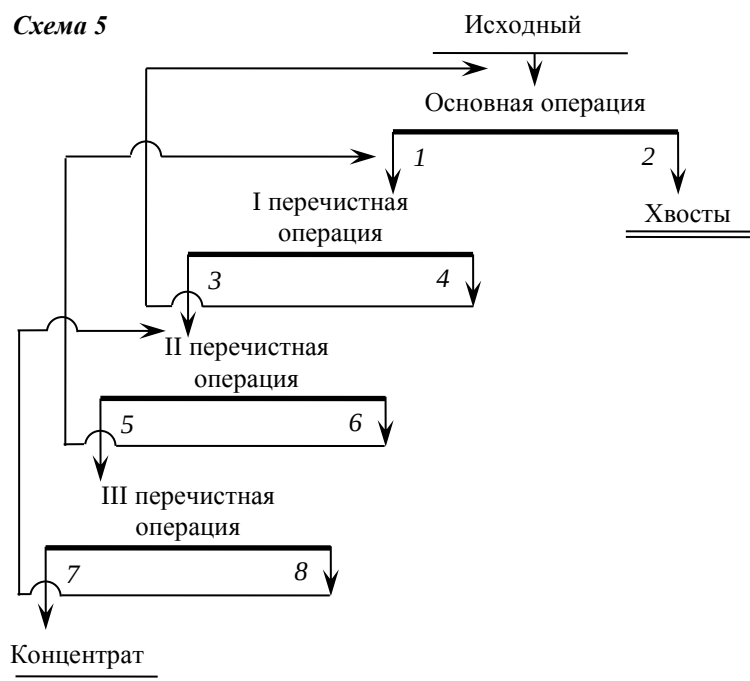
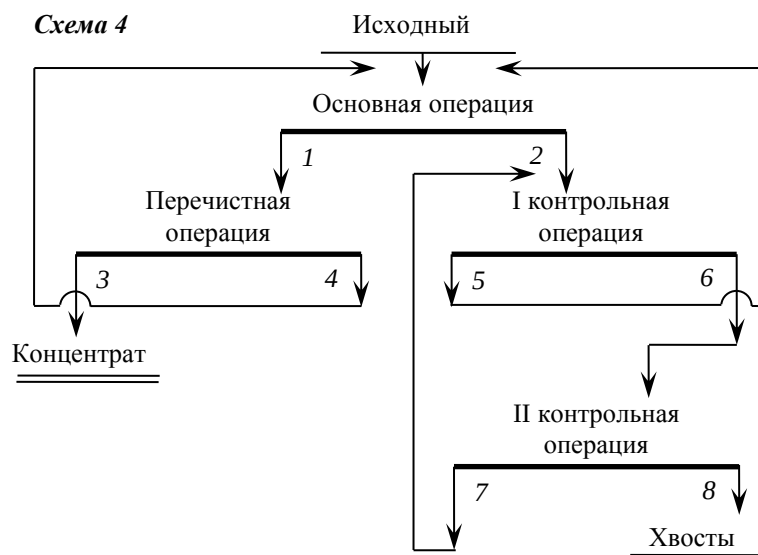


Схема 3





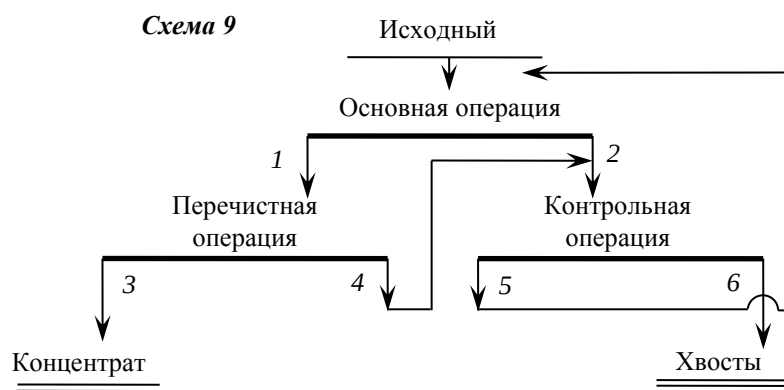
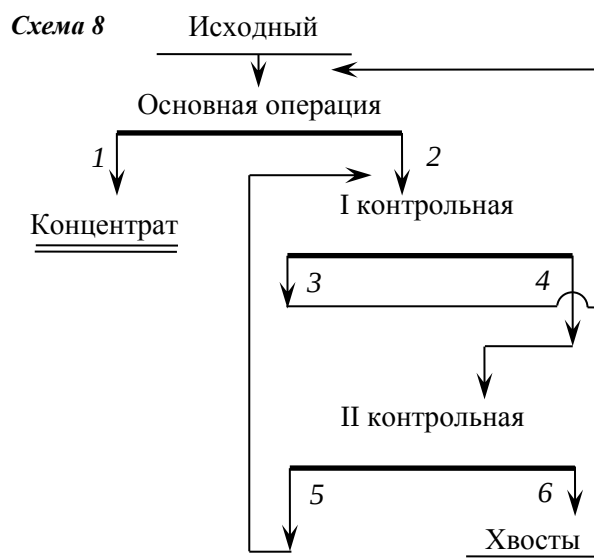
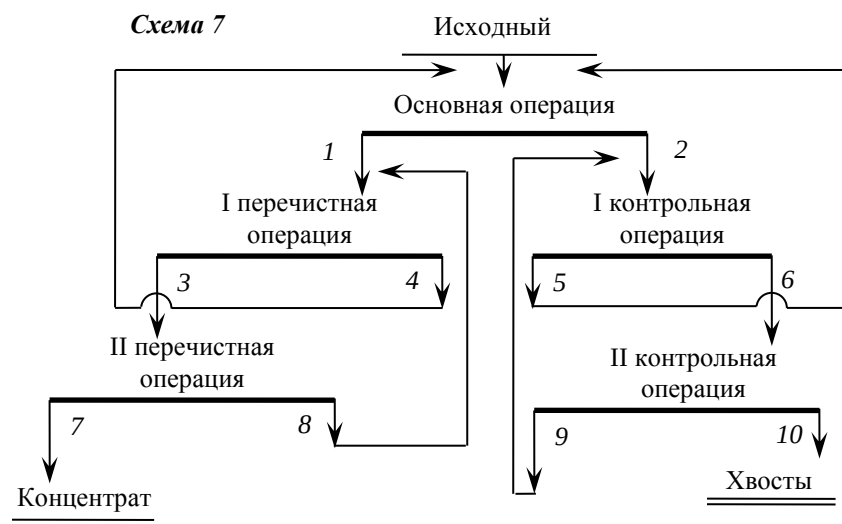
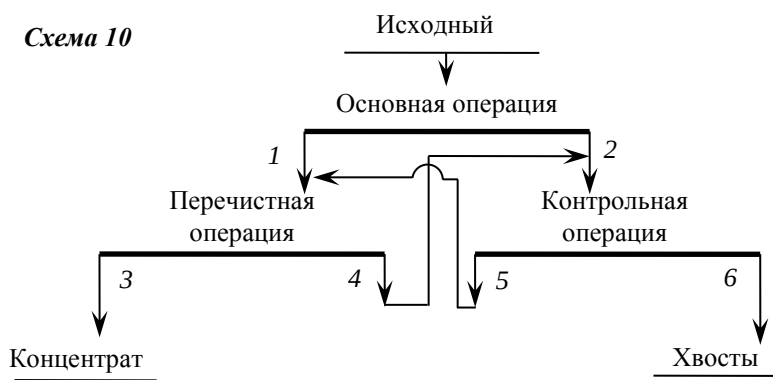


Схема 10



При выполнении этой задачи в соответствующем листе документа Excel первоначально следует создать маску для расчёта технологического баланса и массив значений массовых долей, затем присвоить имена каждому значению массовой доли в формате β_n , где n – номер продукта разделения. Создание маски и присвоение имён изучается на практических занятиях.

Расчёт схемы балансовым методом выполняется в общем виде, то есть выходы продуктов разделения в каждой операции схемы следует записать в виде уравнений технологического баланса.

В пояснительной записке курсовой работы необходимо привести все полученные по операциям уравнения.

Расчёт схемы итерационным методом выполняется по методике, изучаемой на практических занятиях, и приводится в листе документа Excel в виде таблицы. Итерационный расчёт ведётся до значения величины невязки менее 0,0001 %².

В пояснительной записке курсовой работы приводится результат расчёта выходов продуктов разделения в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта схемы итерационным методом

Продукт	Расчётное уравнение	Номер итерации					
		0	1	2	...	N-1	N
Исходный	$\gamma_{\text{и}}=100$	100	100	100	...	100	100
1 Конц.	$\gamma_1 = \gamma_{\text{и}} \cdot (...)/(...)$		...	...	...	...	...
2 Хв.	$\gamma_2 = \gamma_{\text{и}} - \gamma_1$				...		
....	...		...	...	...	...	...
Невязка Δ	$\Delta = \gamma_{\text{и}} \cdot \alpha - (...)$	Δ_0	Δ_1	Δ_2	...	0,0002	0,00007

Также в таблице 3 необходимо привести уравнения в общем виде для расчёта выходов продуктов разделения для каждой операции схемы.

Расчёт схемы матричным методом выполняется по методике, изучаемой на практических занятиях. В листе документа Excel составляются матрица продуктов разделения, матрица исходного продукта и рассчитывается матрица выходов.

В пояснительной записке курсовой работы приводятся матрицы продуктов разделения (A) и исходного продукта (B) в общем виде, например:

	A номер продукта				B	
	1	2	3	4	исх.	
Основная	-1	-1	0	0	-1	
	$-\beta_1$	$-\beta_2$	0	0	$-\alpha$	
Перечистная	+1	0	-1	-1	0	
	$+\beta_1$	0	$-\beta_3$	$-\beta_4$	0	

После выполнения расчётов итерационным и матричным методами в листе документа Excel составляют и рассчитывают таблицу результатов качественно-количественного расчёта (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты расчёта качественно-количественной схемы

ПОСТУПАЕТ					ВЫХОДИТ				
Продукт	Выход		Массовая доля, %	Извлече ние, %	Продукт	Выход		Массовая доля, %	Извлечен ие, %
	%	т/ч				%	т/ч		
Основная операция									
Исходн ый	100	Q	α	100	1. Конц-т	γ_1	Q_1	β_1	ε_1
					2. Хвосты	γ_2	Q_2	β_2	ε_2
Итого:									
Перечистная операция									
.....									
Контрольная операция									
.....									

В таблицу ссылками вносятся значения массовых долей в исходном продукте и в продуктах разделения, выходы продуктов разделения из матрицы выходов и производительность по исходному.

Количественный выход продуктов разделения и извлечение компонента в них рассчитываются по известным формулам

непосредственно в таблице. Полностью рассчитанная таблица приводится в пояснительной записке курсовой работы.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.4 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте следует привести:

- рисунок технологической схемы;
- общий алгоритм расчёта качественно-количественной схемы;
- технологический баланс продуктов обогащения в виде таблицы;
- уравнения технологического баланса для всех операций схемы в общем виде;
- результаты расчёта схемы итерационным методом в виде таблицы 3;
- матрицы продуктов разделения и исходного в общем виде;
- результаты расчёта качественно-количественной схемы в виде таблицы 4.

В выводе к задаче необходимо указать выявленные преимущества и недостатки каждого из методов расчёта.

Задача 7.

Расчёт и выбор оборудования

Задание: составить алгоритм расчёта и выбора оборудования, рассчитать и выбрать оборудование.

Пояснения к заданию

Расчёт и выбор оборудования является важной составляющей технологических расчётов в обогащении полезных ископаемых.

Расчёт следует начинать с определения часовой производительности обогатительного предприятия. При заданной годовой производительности $Q_{г}$, млн т/год, часовую

производительность $Q_{\text{ч}}$, т/ч определяют с учётом фонда рабочего времени (Φ) по формуле:

$$Q_{\text{ч}} = Q_{\text{Г}} \cdot k_{\text{н.пит.}} / \Phi = Q_{\text{Г}} \cdot k_{\text{н.пит.}} / (n_{\text{сут}} \cdot n_{\text{см}} \cdot t_{\text{см}}),$$

где $k_{\text{н.пит.}}$ – коэффициент неравномерности питания, принимаемый равным 1,15; $n_{\text{сут}}$ – количество дней в году работы оборудования под полной нагрузкой; $n_{\text{см}}$ – количество смен в сутки; $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены для работы оборудования, ч.

Расчёт необходимого числа единиц технологического оборудования осуществляется в два этапа.

На первом этапе необходимо рассчитать потребную производительность аппаратов нескольких типоразмеров с учётом условий эксплуатации, задаваемых различными коэффициентами по формуле вида

$$Q_{\text{А}} = Q_j \cdot f(k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n),$$

где Q_j – производительность аппарата по каталогу производителя оборудования, т/ч; $k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n$ – поправочные коэффициенты, связанные между собой функционально.

На втором этапе рассчитывают количество аппаратов нескольких типоразмеров с точностью до второго знака после запятой по формуле:

$$n_{\text{расч}} = Q_{\text{ч}} \cdot \gamma_{\text{оп}} / (Q_{\text{А}} \cdot k_{\text{н.пит.}}),$$

где $\gamma_{\text{оп}}$ – выход продукта в операции, доли ед., в данной курсовой работе полагаем, что $\gamma_{\text{оп}} = 1$.

Полученное расчётное значение округляют по целого – $n_{\text{принятое}}$ и рассчитывают коэффициент загрузки оборудования по формуле:

$$k_{\text{загр}} = n_{\text{расч}} / n_{\text{принятое}}.$$

Так как аппараты разных типоразмеров имеют разную производительность, принятие решения о выборе того или иного типоразмера оборудования должно выполняться с учётом величины коэффициента загрузки, приемлемым считается коэффициент загрузки в пределах 0,80-0,90.

Исходные данные

Режим работы оборудования				Формула для расчёта потребной производительности аппарата, т/ч
вариант	$n_{\text{сут}}$	$n_{\text{см}}$	$t_{\text{см}}$	
I	247	2	7	$Q_A = Q_j \cdot \frac{\ln k_1 \cdot \sqrt{k_2 \cdot k_3^3 / k_4 - k_5 }}{\lg k_6}$
II	340	3	7	$Q_A = Q_j \cdot \frac{\cos k_1 \cdot \log_2 k_2 \cdot k_3^{4/3} \sqrt[3]{ k_5 - k_6 }}{k_4^{-3/4}}$
III	259	2	7	$Q_A = Q_j \cdot \exp k_1 \cdot k_2^{-2} \cdot \sqrt{\frac{k_3 + \sqrt{k_4}}{2 \sqrt{ k_5 - \lg k_6 }}}$
IV	255	3	7	$Q_A = Q_j \cdot \frac{\operatorname{tg} k_1}{\sin k_2} \cdot \frac{ \ln k_3 - k_6^{-3} }{\log_3 k_5 \cdot \sqrt{k_6^4}} \cdot 10^{-3}$

вариант	Коэффициенты						Q_r , млн т/год
	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	
1	0,61	1,80	1,20	0,80	3,00	0,095	2,34
2	0,55	1,12	1,04	1,10	2,85	0,090	1,51
3	0,53	1,15	1,19	0,91	3,75	0,085	1,11
4	0,81	1,33	1,19	1,16	3,22	0,125	2,85
5	0,78	1,81	1,20	1,60	1,89	0,132	3,21
6	0,84	1,45	1,53	0,69	2,89	0,150	1,79
7	0,50	1,58	1,22	1,19	2,44	0,078	2,86
8	0,72	1,16	1,60	0,73	5,24	0,075	3,20
9	0,73	1,17	1,25	0,91	4,48	0,085	2,93
10	0,51	1,59	1,21	1,52	1,11	0,235	1,52

вариант	Производительность аппарата по каталогу производителя оборудования, т/ч				
	типоразмер аппарата				
	К-СЦА1	К-СЦА2	К-СЦА3	К-СЦА4	К-СЦА5
A	40	80	160	320	650
B	3000	2000	1000	500	250
C	350	700	1400	2800	3200

В соответствии с вариантом индивидуального задания студенту предлагается самостоятельно составить алгоритм расчёта оборудования для нескольких типоразмеров аппаратов с последующим выбором оптимального типоразмера. Все промежуточные расчёты следует выполнять в соответствующем листе Excel, в пояснительную записку курсовой работы необходимо

привести сравнительную таблицу типоразмеров аппаратов по форме таблицы 5.

Таблица 5 – Сравнение вариантов типоразмеров оборудования

Типоразмер аппарата	Количество аппаратов	$n_{\text{расч}}$	$n_{\text{принятое}}$	$k_{\text{загр}}$	Производительность, т/ч	
					одного	всех
К-СЦА1						
...	...	...	...	...	...	...
К-СЦА5						

На практических занятиях и в учебно-методическом пособии по практическим занятиям подробно рассмотрены все элементы решения данной задачи.

Контроль выполнения задания

Все этапы выполнения задачи проверяются преподавателем на практических занятиях. Окончательный вариант оформляется в виде пункта 2.5 раздела 2 пояснительной записки курсовой работы.

В пункте следует привести формулы и примеры численного расчёта часовой производительности и потребной производительности аппарата и таблицу сравнения вариантов типоразмеров оборудования (таблица 5). В выводе к задаче необходимо обосновать выбор типоразмера оборудования.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информатика. Часть 1: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Информатика» для студентов технологических специальностей / под ред. В. В. Тимухиной. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010 – 116 с.

2. Левин А. Ш. Word и Excel. Самоучитель Левина в цвете. 2-е изд. СПб: Питер, 2012. – 224 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.01.01 КОМПЬЮТЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ В ОБОГАЩЕНИИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

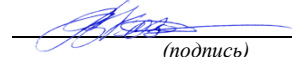
Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель



(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.01.02 ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ И СХЕМ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель

(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



**Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение выс-
шего образования
«Уральский государственный гор-
ный университет»**

А. Е. Пелевин

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Практикум
по дисциплине «Теория инженерного эксперимента»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения**

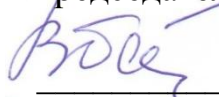
**Екатеринбург
2018**

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического факультета
« 12 » февраля 2018 г.

Председатель комиссии

 проф. В. П. Барановский

А. Е. Пелевин

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Практикум
по дисциплине «Теория инженерного эксперимента»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Р е ц е н з е н т : *Ю. П. Морозов*, профессор кафедры ОПИ УГГУ

Практикум рассмотрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых» 05 февраля 2018 г. (протокол № 4) и рекомендован для издания в УГГУ.

П 23 **Пелевин А. Е.**

Теория инженерного эксперимента: практикум / А. Е. Пелевин; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 45 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой дисциплины «Теория инженерного эксперимента» для проведения практических занятий по освоению теоретических расчетов, связанных с математической обработкой экспериментальных данных с получением моделей процесса и практических выводов при проверке гипотез.

Для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Пелевин А. Е., 2018
© Уральский государственный
горный университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

В В Е Д Е Н И Е.....	4
1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ	5
1.1. Статистическая обработка экспериментальных результатов	5
1.2. Погрешность воспроизводимости сводного показателя	7
1.3. Сравнение средних, полученных по результатам двух параллельных опытов, с помощью критерия Стьюдента.....	8
1.4. Сравнение средних с помощью критерия Стьюдента и дисперсий с помощью критерия Фишера	9
2. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ПФЭ)	11
3. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ДРОБНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ДФЭ)	15
4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	17
5. ПАРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ	22
6. МНОЖЕСТВЕННАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ	25
7. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ	27
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	31
ПРИЛОЖЕНИЕ А	32
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	33

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов дневного и заочного обучения специальности 21.05.04 – «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых».

Целью практических работ является закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины «Теория инженерного эксперимента», и освоение расчётов, выполняемых при математической обработке экспериментальных данных.

В практикуме рассмотрены следующие теоретические задачи:

- статистическая обработка массива экспериментальных данных;
- проверка статистических гипотез с помощью критериев Стьюдента и Фишера;
- обработка экспериментальных результатов полного и дробного факторного экспериментов с получением моделей процесса;
- оптимизация процесса с помощью линейных моделей;
- получение регрессионных моделей по результатам экспериментальных данных.
- обработка экспериментальных результатов дисперсионного анализа.

Практические занятия направлены на подготовку студента к решению прикладных производственных задач.

Практические работы выполняются путём решения задач, соответствующим разделам дисциплины. Каждый студент выполняет индивидуальный расчёт при заданных значениях экспериментальных результатов функции и факторов. По результатам расчёта студент делает практические выводы о величинах погрешностей результатов, об отличиях между сравниваемыми величинами, о влиянии факторов на изучаемую функцию, об оптимальных значениях факторов, о пригодности теоретических моделей для предсказания экспериментальных результатов.

Часть практических занятий проводится в виде контрольных работ. Контрольная работа оформляется студентом в виде решения отдельной задачи, и сдаётся на проверку. Решение задачи включает расчётные формулы с подставленными значениями их составляющих; результаты расчёта, таблицы и графические зависимости, выводы. Расчеты выполняются с точностью до второго знака после запятой.

1. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗ

1.1. Статистическая обработка экспериментальных результатов

Основными показателями массива экспериментальных данных, изменяющихся случайно, являются среднее значение, дисперсия и среднее квадратическое отклонение, ошибки определения отдельного и среднего результата. Перед статистической обработкой массив экспериментальных данных проверяется на наличие «промахов».

Среднее арифметическое или среднее, обозначаемое чертой над буквой,

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^N Y_i / N, \quad (1.1)$$

где Y_i – результат, полученный в i -ом опыте; N – число опытов; $\bar{Y}$ – среднее арифметическое результатов N опытов.

Среднее квадратическое отклонение (стандартное отклонение, стандарт)

$$S_Y = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \right] / (N - 1)}. \quad (1.2)$$

Дисперсия – квадрат среднего квадратического отклонения

$$S_Y^2 = \left[\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \right] / (N - 1). \quad (1.3)$$

Максимальные случайные ошибки определения отдельного и среднего результата

$$\pm \Delta Y_i = \pm t S_Y; \quad \pm \Delta \bar{Y} = \pm t S_Y / \sqrt{N}, \quad (1.4)$$

где t – критерий Стьюдента, определяемый исходя из числа степеней свободы (f) и заданной доверительной вероятности (P).

Число степеней свободы, как правило, равно знаменателю формулы дисперсии (в основном $f = N - 1$). В технических науках доверительная вероятность, как правило, задаётся 95 %. Любой вывод, полученный с помощью математической обработки экспериментальных данных, должен сопровождаться вероятностью наступления этого

вывода. При $P=95\%$ вероятность достоверности вывода равна 95% , а вероятность «неправильности» вывода равна 5% .

Граничные значения ошибок (максимальные положительные и отрицательные) определяют доверительный интервал, в который должны попадать экспериментальные результаты при заданной вероятности.

Промахи. Среди экспериментальных результатов особо выделяют результаты, большие и меньшие среднего значения более чем на величину абсолютного значения максимальной случайной ошибки для отдельного результата (см. формулу (1.4)). Такие результаты называют промахами, связанные с ошибками, вызванными грубым нарушением условий опыта либо с неблагоприятным стечением обстоятельств. Промахи отбрасывают, а опыт, если можно, повторяют.

Задача № 1.1

Известны результаты десяти опробований продукта обогащения: 23,01; 25,60; 24,87; 31,24; 25,89; 25,61; 21,16; 28,01; 23,51; 23,48 %.

Выявить и отбросить промах (по заданию в исходных данных присутствует один промах).

Рассчитать среднее значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, максимальные случайные ошибки определения отдельного и среднего результата.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.1.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.1).

Выявляем промах. Так как по заданию в исходных данных присутствует один промах, то это либо максимальное, либо минимальное значение.

Находим максимальное и «второе максимальное» число и разницу между ними: 31,24; 28,01; $31,24 - 28,01 = 3,23$. Находим минимальное и «второе минимальное» число и разницу между ними: 21,16; 23,01; $21,16 - 23,01 = -1,85$.

Выполняем сравнение абсолютных значений обеих разниц: $|3,23| > |-1,85|$. Так как абсолютная разница максимального и «второго максимального» числа больше абсолютной разницы минимального и «второго минимального» числа, то максимальное число (31,24) считаем промахом. Если было бы наоборот, то минимальное число считалось бы промахом. Промач (31,24) отбрасываем. В дальнейшем промах не используем при расчётах. У нас остаётся девять исходных экспериментальных данных ($N=9$).

По формуле (1.1) рассчитываем среднее значение: 24,57 %. По формулам (1.2) и (1.3) рассчитываем среднее квадратическое отклонение и дисперсию: 2,01 % и 4,02 %².

Для расчёта максимальной случайной ошибки определения частного и среднего результата необходимо знать теоретический критерий Стьюдента (t). Рассчитываем число степеней свободы: $f=N-1=9-1=8$. Критерий Стьюдента при $f=8$ и $P=95$ % находим по табл. А.1 (см. приложение А), $t=2,31$.

По формуле (1.4) рассчитываем максимальные случайные ошибки определения частного и среднего результата, $\pm \Delta Y_i = \pm 4,63$ %; $\pm \Delta \bar{Y} = \pm 1,54$ %.

1.2. Погрешность воспроизводимости сводного показателя

При необходимости определения погрешности воспроизводимости какого-либо вычисляемого (сводного) показателя вида $Y = f(X_1; X_2)$ используют формулу

$$S_{BY}^2 = (\partial Y / \partial X_1)^2 \cdot S_{BX1}^2 + (\partial Y / \partial X_2)^2 \cdot S_{BX2}^2, \quad (1.5)$$

где S_{BY}^2 , S_{BX1}^2 и S_{BX2}^2 – дисперсии сводного показателя и факторов X_1 и X_2 .

Задача № 1.2

Известны выход концентрата, массовые доли металла в концентрате и исходной руде ($\gamma=48,94$ %; $\beta=43,2$ %; $\alpha=21,8$ %). Известны погрешности воспроизводимости: $S_{B\gamma}=0,5$ %; $S_{B\beta}=0,27$ %; $S_{B\alpha}=0,39$ %.

Определить погрешность воспроизводимости для извлечения (сводного показателя). Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.2.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.2).

1. Извлечение

$$\varepsilon = \gamma \cdot \beta / \alpha = 96,98 \text{ \%}.$$

2. Дисперсия воспроизводимости рассчитывается по формуле $S_{B\varepsilon}^2 = (\partial \varepsilon / \partial \gamma)^2 \cdot S_{B\gamma}^2 + (\partial \varepsilon / \partial \beta)^2 \cdot S_{B\beta}^2 + (\partial \varepsilon / \partial \alpha)^2 \cdot S_{B\alpha}^2 = (\beta / \alpha)^2 \cdot S_{B\gamma}^2 + (\gamma / \alpha)^2 \cdot S_{B\beta}^2 + (\gamma \cdot \beta / \alpha^2)^2 \cdot S_{B\alpha}^2 = 2,03 \text{ \%}^2$.

Погрешность воспроизводимости $S_{B\varepsilon} = \sqrt{2,03} = 1,42$ %.

1.3. Сравнение средних, полученных по результатам двух параллельных опытов, с помощью критерия Стьюдента

В условиях сильного влияния помех часто удобно получать подряд два сравниваемых результата примерно в одинаковых условиях и в одно время, потом снова два и так далее, получая так называемые сопряженные пары: Y_{11} и Y_{21} ; Y_{12} и Y_{22} ; Y_{13} и Y_{23} , ... Y_{1N} и Y_{2N} .

Разность значений в этих парах $\Delta_i = Y_{1i} - Y_{2i}$ можно рассматривать как самостоятельную величину и проверять значимость отличия её от нуля. Для этого находят среднее значение $\bar{\Delta}$

$$\bar{\Delta} = (\sum_{i=1}^N \Delta_i) / N. \quad (1.6)$$

Если $\bar{\Delta} > 0$, то предполагается, что $\bar{Y}_1 > \bar{Y}_2$, если $\bar{\Delta} < 0$, то предполагается, что $\bar{Y}_1 < \bar{Y}_2$.

Среднее квадратическое отклонение S_{Δ}

$$S_{\Delta} = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^N (\Delta_i - \bar{\Delta})^2 \right] / (N - 1)}. \quad (1.7)$$

Среднее квадратическое отклонение среднего $\bar{\Delta}$

$$S_{\bar{\Delta}} = S_{\Delta} / \sqrt{N}. \quad (1.8)$$

Расчетное значение критерия Стьюдента

$$t_p = \frac{|\bar{\Delta}|}{S_{\bar{\Delta}}}. \quad (1.9)$$

Число степеней свободы $f = N - 1$.

После сравнения t_p с t_r делают вывод о значимости $\bar{\Delta}$ (о значимости различий между $\bar{Y}_1$ и $\bar{Y}_2$). Если величина $\bar{\Delta}$ значима (при $t_p > t_r$), то по её знаку делают вывод, что больше $\bar{Y}_1$ или $\bar{Y}_2$. Если величина $\bar{\Delta}$ не значима (при $t_p < t_r$), то величины $\bar{Y}_1$ и $\bar{Y}_2$ равнозначны с вероятностью 95 %.

Задача № 1.3

По данным 10 опытов получены результаты (ϵ_K) испытания нового реагента (нр) в сравнении с применяемым (пр). Определить, значимо ли в среднем различие результатов при использовании разных

реагентов. Опыты выполнены на параллельно работающих флотационных машинах.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.3.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.3).

Находим десять значений $\Delta_i = Y_{\text{HP}i} - Y_{\text{CP}i}$: 1,37 ; 1,16; 3,27; 7,79; 4,66; -0,69; 1,29; 3,44; 2,14; 1,04 %.

По формуле (1.6) рассчитываем среднее значение $\bar{\Delta} = 2,55$ %. Так как $\bar{\Delta} > 0$ предполагаем, что извлечение при использовании нового реагента выше, чем при использовании применяемого реагента. Проверяем эту гипотезу с помощью критерия Стьюдента.

По формулам (1.7) и (1.8) рассчитываем среднее квадратическое отклонение и среднее квадратическое отклонение среднего: 2,38 % и 1,54 %.

По формуле (1.9) определяем расчётный критерий Стьюдента: $t_p = 1,65$.

По таблице табл. А.1 (см. приложение А) при числе степеней свободы: $f = N - 1 = 10 - 1 = 9$ и вероятности принятия гипотезы $P = 95$ % находим теоретический критерий Стьюдента: $t_r = 2,26$.

Так как $t_p < t_r$ величина $\bar{\Delta}$ не значима. Делаем практический вывод: с вероятностью 95 % нет отличий при использовании сравниваемых реагентов.

1.4. Сравнение средних с помощью критерия Стьюдента и дисперсий с помощью критерия Фишера

На практике при сравнении двух средних результатов для нахождения расчётного критерия Стьюдента в основном используется формула:

$$t_p = \frac{|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2|}{\sqrt{S_{\bar{Y}_1}^2 + S_{\bar{Y}_2}^2}}, \quad (1.10)$$

где $S_{\bar{Y}_1}$ и $S_{\bar{Y}_2}$ – средние квадратические отклонения двух сравниваемых средних значений $\bar{Y}_1$ и $\bar{Y}_2$.

Число степеней свободы для нахождения теоретического критерия Стьюдента

$$f = N_1 + N_2 - 2, \quad (1.11)$$

где N_1 и N_2 – количество опытов, выполненных для нахождения двух сравниваемых средних результатов.

Для сравнения двух дисперсий находят расчётный критерий Фишера, равный отношению большей дисперсии к меньшей дисперсии

$$F_p = S_B^2 / S_M^2 \quad (1.12)$$

и сравнивают с теоретическим значением F_T . При $F_p > F_T$ различие считается значимым.

Величину F_T находят при заданной вероятности P (%) и при известных степенях свободы $f_B = N_B - 1$ и $f_M = N_M - 1$, где N_B и N_M – количество опытов, выполненных для нахождения большей и меньшей дисперсии.

Задача № 1.4

По данным N_1 и N_2 опытов получены средние значения двух сравниваемых функций и средние квадратические отклонения средних значений этих функций. Определить, значимо ли различаются функции $\bar{Y}_1$ и $\bar{Y}_2$ и дисперсии средних значений этих функций.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.4.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 27 (см. табл. Б.4).

По формуле (1.10) определяем расчётный критерий Стьюдента: $t_p = 14,52$. По таблице табл. А.1 (см. приложение А) при числе степеней свободы: $f = 6 + 6 - 2 = 10$ и вероятности принятия гипотезы $P = 95$ % находим теоретический критерий Стьюдента: $t_T = 2,23$. Так как $t_p > t_T$ с вероятностью 95 % величина $\bar{Y}_1 > \bar{Y}_2$.

По формуле (1.12) определяем расчётный критерий Фишера: $F_p = 1,65$. По таблице табл. А.2 (см. приложение А) при числе степеней свободы: $f_B = 5$ и $f_M = 5$ и вероятности принятия гипотезы $P = 95$ % находим теоретический критерий Фишера: $F_T = 5,1$. Так как $F_p < F_T$ с вероятностью 95 % различий между величинами $S_{\bar{Y}_1}^2$ и $S_{\bar{Y}_2}^2$ нет.

2. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ПОЛНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ПФЭ)

При математической обработке результатов ПФЭ рассчитывают коэффициенты модели и дисперсию воспроизводимости, проверяют коэффициенты на значимость, рассчитывают дисперсию адекватности и проверяют модель на адекватность.

При полном факторном эксперименте получают множественную линейную модель вида

$$Y = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_jX_j + \dots + A_{12}X_1X_2 + \dots + A_{jk}X_jX_k,$$

где A_0 – нулевой коэффициент; A_1, A_2, A_j – коэффициенты при факторах X_1, X_2, X_j ; j – номер фактора; A_{12}, A_{jk} – коэффициенты при взаимодействиях факторов X_1X_2, X_jX_k ; k – номер фактора, отличный от j .

Коэффициенты линейной множественной математической модели рассчитываются следующим образом.

$$A_0 = \left(\sum_{i=1}^N Y_{\Xi i} \right) / N; \quad (2.1)$$

$$A_j = \left(\sum_{i=1}^N Y_{\Xi i} X_{ji} \right) / N; \quad (2.2)$$

$$A_{jk} = \left(\sum_{i=1}^N Y_{\Xi i} X_{ji} X_{ki} \right) / N, \quad (2.3)$$

где i – номер основного опыта по плану ПФЭ; $Y_{\Xi i}$ – экспериментальное значение функции в i -том основном опыте; N – количество основных опытов в плане ПФЭ.

Дисперсия воспроизводимости может рассчитываться по результатам специальных нулевых опытов (формула (2.4)) или по результатам дублирования основных опытов плана (формула (2.5)):

$$S_{BY}^2 = \sum_{i=1}^{n_0} (Y_{0i} - \bar{Y}_0)^2 / (n_0 - 1); \quad (2.4)$$

$$S_{BY}^2 = \sum_{i=1}^N (Y_{1i} - Y_{2i})^2 / (4N); \quad (2.5)$$

где Y_{0i} – значение функции при i -том нулевом опыте; $\bar{Y}_0$ – среднее значение функции в нулевых опытах; n_0 – количество нулевых опытов; Y_{1i} и Y_{2i} – значения функции при i -том дублированном опыте; N –

количество основных опытов в плане ПФЭ (без учёта их дублирования).

Число степеней свободы дисперсии воспроизводимости соответственно при нулевых и дублированных опытах равно:

$$f_v = n_0 - 1 \quad \text{и} \quad f_v = N. \quad (2.6)$$

Для проверки коэффициентов на значимость рассчитывают предельное значение коэффициента

$$|A_j|_{\text{пред}} = t_T \cdot S_{BY} / \sqrt{N}, \quad (2.7)$$

где t_T – теоретический критерий Стьюдента при числе степеней свободы дисперсии воспроизводимости f_v и доверительной вероятности P , %.

В формуле (2.7) используется погрешность воспроизводимости, равная корню квадратному из дисперсии воспроизводимости.

Предельное значение коэффициента последовательно сравнивается с абсолютными значениями коэффициентов модели.

Если абсолютное значение коэффициента больше предельного значения коэффициента, то коэффициент значим, если наоборот, то коэффициент не значим. В последнем случае значение коэффициента принимается равным нулю.

Дисперсия адекватности рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{ад}}^2 = \sum_{i=1}^N (Y_{\text{Э}i} - Y_{\text{Т}i})^2 / (N - k - 1), \quad (2.8)$$

где $Y_{\text{Э}i}$ и $Y_{\text{Т}i}$ – экспериментальное и теоретическое (рассчитанное по модели) значение функции в основных опытах плана; k – число значимых коэффициентов уравнения, не считая A_0 .

Величины $Y_{\text{Т}i}$ рассчитываются по модели со значимыми коэффициентами путём подстановки в модель значений факторов и их взаимодействий (+1 или -1) из плана ПФЭ для i -того опыта.

Число степеней свободы дисперсии адекватности

$$f_{\text{ад}} = N - k - 1 \quad (2.9)$$

При проверке модели на адекватность сравнивают дисперсии адекватности и воспроизводимости.

Если $S_{\text{ад}}^2 \leq S_v^2$, то модель адекватна.

Если $S_{\text{ад}}^2 > S_v^2$, то выполняют проверку по критерию Фишера

$$F_p = S_{ад}^2 / S_B^2. \quad (2.10)$$

При степенях свободы $f_B=f_{ад}$ и $f_M=f_B$ и принятой доверительной вероятности P , % по таблице А.2 находят теоретическое значение критерия Фишера F_T . Если $F_p < F_T$, модель считают адекватной. Если $F_p > F_T$, модель неадекватна.

Задача № 2

Выполнен полный факторный эксперимент ПФЭ 2^3 . Для оценки коэффициентов на значимость и для проверки модели на адекватность дополнительно выполнены четыре нулевых опыта. Варианты с экспериментальными данными ($Y_{Эi}$ и Y_{0i}) приведены в табл. Б.5.

Получить модель процесса обогащения и проверить модель на адекватность. В модель процесса включить все двойные взаимодействия факторов.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 30 (см. табл. Б.5).

План ПФЭ 2^3 приведён в табл. 2.1.

Таблица 2.1

План ПФЭ 2^3 с нулевыми опытами

Номер опыта	Факторы			Взаимодействия			Функция	
	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$Y_{Э}$	Y_T
1	+	+	+	+			30,04	31,78
2	–	+	+	–			65,04	64,29
3	+	–	+	–			33,02	31,28
4	–	–	+	+			72,01	72,77
5	+	+	–	+			28,06	27,31
6	–	+	–	–			50,08	51,82
7	+	–	–	–			18,07	18,83
8	–	–	–	+			54,06	52,81
01	0	0	0				32,11	
02	0	0	0				33,01	
03	0	0	0				33,09	
04	0	0	0				31,24	

Заполняем столбцы взаимодействий. Столбец X_1X_2 заполнен путём умножения X_1 на X_2 . Столбцы X_1X_3 и X_2X_3 заполняются аналогично.

По формулам (2.1)-(2.3) рассчитываем коэффициенты (семь штук) модели. Например:

$$A_0 = (30,04 + 65,04 + 33,02 + 72,01 + 28,06 + 50,08 + 18,07 + 54,06) / 8 = 43,80;$$

$$A_1 = (30,04 - 65,04 + 33,02 - 72,01 + 28,06 - 50,08 + 18,07 - 54,06) / 8 = -16,50;$$

$$A_{12}=(30,04-65,04-33,02+72,01+28,06-50,08-18,07+54,06)/8=2,25.$$

$$A_2=-0,49; A_3=6,23; A_{13}=-2,00; A_{23}=-2,00.$$

Рассчитываем среднее значение функции в нулевых опытах:
 $(32,11+33,01+33,09+31,24)/4=32,36.$

По формуле (2.4) рассчитываем дисперсию воспроизводимости:
 $[(32,11-32,36)^2+(33,01-32,36)^2+(33,09-32,36)^2+(31,24-32,36)^2]/(4-1)=$
 $=0,76.$

Погрешность воспроизводимости будет равна: $\sqrt{0,76}=0,87.$

По формуле (2.7) рассчитываем предельное значение коэффициента: $\pm 3,18 \cdot 0,87 / \sqrt{8} = 0,98.$ Теоретический критерий Стьюдента ($t_T=3,18$) найден по табл. А1 при $f_B=4-1=3$ (см. формулу (2.6)).

Последовательно сравниваем абсолютные значения коэффициентов модели с предельным значением коэффициента. В нашем примере коэффициент $|A_2| < 0,98$, поэтому этот коэффициент не значим и равен нулю. Абсолютные значения других коэффициентов больше 0,98. Следовательно, эти коэффициенты значимы.

Записываем модель со значимыми коэффициентами:

$$Y=43,8-16,5 \cdot X_1+6,23 \cdot X_3+2,25 \cdot X_1 X_2-2,00 \cdot X_1 X_3-2,00 \cdot X_2 X_3. \quad (2.11)$$

По модели со значимыми коэффициентами рассчитываем восемь значений Y_{Ti} и заносим их в табл. 2.1. Расчёты выполняем путём подстановки в модель значений факторов и их взаимодействий (+1 или -1) из плана ПФЭ для i -того опыта. Например:

$$Y_{T2}=43,8-16,5 \cdot (-1)+6,23 \cdot (+1)+2,25 \cdot (-1)-2,00 \cdot (-1)-2,00 \cdot (+1)=64,29.$$

По формуле (2.8) рассчитываем дисперсию адекватности:
 $[(30,04-31,78)^2+(65,04-64,29)^2+(33,02-31,28)^2+ \dots +(54,06-52,81)^2]/$
 $/(8-5-1)=6,46.$

Число степеней свободы дисперсии адекватности рассчитываем по формуле (2.9): $f_{ад}=8-5-1=2.$

Сравниваем дисперсию адекватности с дисперсией воспроизводимости. Так как $6,46 > 0,76$ выполняем проверку этой гипотезы по критерию Фишера.

Расчётное значение критерия Фишера определяем по формуле (2.10): $F_P=6,46/0,76=8,53.$ По таблице А.2 при $P=95\%$ и степенях свободы $f_B=f_{ад}=2$ и $f_M=f_B=3$ определяем теоретическое значение критерия Фишера: $F_T=9,6.$

Так как $F_P < F_T$, то с вероятностью 95 % полученная математическая модель (2.11) адекватна и её можно использовать для предсказания функции и оптимизации процесса.

3. ПОЛУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ДРОБНОГО ФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (ДФЭ)

Дробный факторный эксперимент отличается от полного факторного эксперимента меньшим количеством опытов для получения модели процесса при одинаковом количестве факторов. Это достигается тем, что в качестве изменения одного или нескольких факторов применяют изменения взаимодействий других факторов.

В основе любого плана ДФЭ лежит план ПФЭ. Так, в основе плана ДФЭ 2^{4-1} лежит план ПФЭ 2^3 , так как показатель степени плана ДФЭ равен: $4-1=3$. Поэтому первые три фактора (X_1 , X_2 и X_3) изменяются в соответствии с планом ПФЭ 2^3 , а четвёртый фактор X_4 изменяется в соответствии с изменениями одного из взаимодействий факторов X_1 , X_2 и X_3 : $X_4 = X_1X_2$ или $X_4 = X_1X_3$ или $X_4 = X_2X_3$ или $X_4 = X_1X_2X_3$.

При ДФЭ не рассчитывают коэффициенты при взаимодействиях факторов. Этот недостаток является платой за сокращение числа опытов.

Математическая обработка результатов ДФЭ выполняется аналогично результатам ПФЭ: рассчитывают коэффициенты модели и дисперсию воспроизводимости, проверяют коэффициенты на значимость, рассчитывают дисперсию адекватности и проверяют модель на адекватность. Используются формулы (2.1), (2.2), (2.4)-(2.10).

Задача № 3

Выполнен дробный факторный эксперимент ДФЭ 2^{4-1} . Для оценки коэффициентов на значимость и для проверки модели на адекватность план выполнен два раза (все опыты дублированы). Варианты с экспериментальными дублированными данными ($Y_{\varepsilon 1i}$ и $Y_{\varepsilon 2i}$) приведены в табл. Б.6.

В качестве изменения факторов X_1 , X_2 и X_3 принять их изменения в соответствии с планом ПФЭ 2^3 . В качестве изменения фактора X_4 принять взаимодействия факторов X_1 , X_2 и X_3 в соответствии с планом ПФЭ 2^3 : $X_4 = X_1X_2X_3$.

Получить модель процесса обогащения и проверить модель на адекватность.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 18 (см. табл. Б.6).

План ДФЭ 2^{4-1} приведён в табл. 3.1.

Таблица 3.1

План ДФЭ 2^{4-1} с дублированными опытами

Номер опыта	Факторы				Функция			
	X_1	X_2	X_3	X_4	$Y_{\Sigma 1}$	$Y_{\Sigma 2}$	$\bar{Y}_{\Sigma}$	Y_T
1	+	+	+	+	55,14	58,26	56,70	58,94
2	–	+	+	–	54,65	50,14	52,40	51,04
3	+	–	+	–	50,28	45,36	47,82	44,24
4	–	–	+	+	37,41	29,89	33,65	36,34
6	+	+	–	–	67,62	62,13	64,88	69,76
6	–	+	–	+	70,04	65,21	67,63	61,86
7	+	–	–	+	61,08	56,12	58,60	55,06
8	–	–	–	–	45,41	40,03	42,72	47,15

Математическая обработка планов ПФЭ и ДФЭ с дублированными опытами выполняется с использованием средних значений функции в дублированных опытах $\bar{Y}_{\Sigma i}$. Поэтому сначала рассчитываем восемь значений $Y_{\Sigma i} = (Y_{\Sigma 1i} + Y_{\Sigma 2i})/2$. Например: $Y_{\Sigma 1} = (Y_{\Sigma 11} + Y_{\Sigma 21})/2 = (55,14 + 58,26)/2 = 56,7$. При расчёте коэффициентов модели и дисперсии адекватности по формулам (2.1), (2.2) и (2.8) вместо $Y_{\Sigma i}$ используются $\bar{Y}_{\Sigma i}$.

По формулам (2.1) и (2.2) рассчитываем коэффициенты (пять штук) модели. Например:

$$A_0 = (56,70 + 52,40 + 47,82 + 33,65 + 64,88 + 67,63 + 58,60 + 42,72)/8 = 53,05;$$

$$A_1 = (56,70 - 52,40 + 47,82 - 33,65 + 64,88 - 67,63 + 58,60 - 42,72)/8 = 3,95;$$

$$A_2 = 7,35; A_3 = -5,41; A_4 = 1,1.$$

По формуле (2.5) рассчитываем дисперсию воспроизводимости: $[(55,14 - 58,26)^2 + (54,65 - 50,14)^2 + \dots + (61,08 - 56,12)^2 + (45,41 - 40,03)^2]/(4 \cdot 8) = 6,81$.

Погрешность воспроизводимости будет равна: $\sqrt{6,81} = 2,61$.

По формуле (2.7) рассчитываем предельное значение коэффициента: $\pm 2,31 \cdot 2,61/\sqrt{8} = 2,13$. Теоретический критерий Стьюдента ($t_T = 2,31$) найден по табл. А1 при $f_b = 8$ (см. формулу (2.6)).

Последовательно сравниваем абсолютные значения коэффициентов модели с предельным значением коэффициента. В нашем примере коэффициент $|A_4| < 2,13$, поэтому этот коэффициент не значим и равен нулю. Абсолютные значения других коэффициентов больше 2,13. Следовательно, эти коэффициенты значимы.

Записываем модель со значимыми коэффициентами:

$$Y = 53,05 + 3,95 \cdot X_1 + 7,35 \cdot X_2 - 5,41 \cdot X_3. \quad (3.1)$$

По модели со значимыми коэффициентами рассчитываем восемь значений Y_{Ti} и заносим их в табл. 3.1. Расчёты выполняем путём подстановки в модель значений факторов и их взаимодействий (+1 или -1) из плана ПФЭ для i -того опыта. Например:

$$Y_{T2}=53,05+3,95 \cdot (-1)+7,35 \cdot (+1)-5,41 \cdot (+1)=51,04.$$

По формуле (2.8) рассчитываем дисперсию адекватности:

$$[(56,70-58,94)^2+(52,40-51,04)^2+(47,82-44,24)^2+ \dots + (42,72-47,15)^2]/(8-3-1) = 29,06.$$

Число степеней свободы дисперсии адекватности рассчитываем по формуле (2.9): $f_{ад}=8-3-1=4$.

Сравниваем дисперсию адекватности с дисперсией воспроизводимости. Так как $29,06 > 6,81$ выполняем проверку этой гипотезы по критерию Фишера.

Расчётное значение критерия Фишера определяем по формуле (2.10): $F_p=29,06/6,81=4,27$. По таблице А.2 при $P=95\%$ и степенях свободы $f_B=f_{ад}=4$ и $f_M=f_v=8$ определяем теоретическое значение критерия Фишера: $F_T=3,84$.

Так как $F_p > F_T$, то с вероятностью 95% полученная математическая модель (3.1) не адекватна и её нельзя использовать для предсказания функции и оптимизации процесса.

4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ГРАФИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Для процессов обогащения требуется оптимизировать две выходные функции – функцию количества концентрата (выход) и функцию качества концентрата (массовая доля в концентрате полезного компонента). Однако в рамках одного объекта (одного набора факторов) нельзя требовать экстремальных значений обоих показателей. Такая задача принципиально разрешима при оптимизации лишь одного показателя с наложением на другой любого типа ограничений.

Задача формулируется так: найти с помощью двух линейных моделей наилучший режим, обеспечивающий максимальное значение выхода концентрата γ при постоянном (требуемом) значении массовой доли полезного компонента в концентрате β , если на X_j наложены ограничения вида $-1 \leq X_j \leq +1$.

$$\begin{cases} \gamma = A_0 + A_1 X_1 - A_2 X_2 - A_3 X_3 + \dots + A_n X_n \rightarrow \max; \\ \beta = B_0 - B_1 X_1 - B_2 X_2 + B_3 X_3 + \dots + B_n X_n = \text{const} = \beta_{\text{требуемое}}; \\ -1 \leq X_j \leq +1. \end{cases} \quad (4.1)$$

Такая задача решается на компьютере методом линейного программирования или методом поиска. Можно решить такую задачу графически.

Задача № 4

По результатам дробного факторного эксперимента $ДФЭ = 2^{5-2}$ получены модели процесса:

$$\gamma = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_5;$$

$$\beta = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_5X_5.$$

Провести оптимизацию графическим методом с определением оптимальных значений факторов (параметров и режимов работы аппаратов) для условия:

$$\begin{cases} \gamma \rightarrow \max; \\ \beta = C. \end{cases}$$

Варианты со значениями коэффициентов A_i и B_i и с требуемой величиной массовой доли полезного компонента в концентрате (C) приведены в табл. Б.7.

Решение

Решение задачи приведено для критерия оптимизации:

$$\begin{cases} \gamma = 18,2 - 3,1 \cdot X_1 - 2,7 \cdot X_3 + 2,9 \cdot X_4 + 1,5 \cdot X_5 \rightarrow \max; \\ \beta = 54,7 + 2,4 \cdot X_1 + 1,9 \cdot X_2 - 2,0 \cdot X_3 - 1,9 \cdot X_4 = 62,3; \\ -1 \leq X_j \leq +1. \end{cases} \quad (4.2)$$

Особенностями моделей является невлиание фактора X_2 на выход концентрата ($A_2=0$) и невлиание фактора X_5 на массовую долю полезного компонента в концентрате ($B_5=0$).

Используем метод графической оптимизации. Решение выполняем в координатах β, γ , причем по оси абсцисс откладываем величину, на которую наложено ограничение $\beta_{\text{требуемое}} = 62,3 \%$, а по оси ординат – величину, стремящуюся к экстремуму γ (рис. 4.1).

Первый этап – движение к максимальному значению выхода концентрата γ .

Проводим вертикальную линию, соответствующую ограничению, равному $\beta_{\text{требуемое}} = 62,3 \%$ (см. рис. 4.1).

По моделям (4.2) рассчитываем координаты и на график наносим точку 0, соответствующую режиму (0,0,0,0,0), то есть результатам, получаемым в центре плана – т.0 (0,0,0,0,0); $\gamma=18,2$; $\beta=54,7$. При этом в скобках будем записывать значения факторов, то есть координаты точки 0 рассчитываются при $X_1=0, X_2=0, X_3=0, X_4=0$ и $X_5=0$.

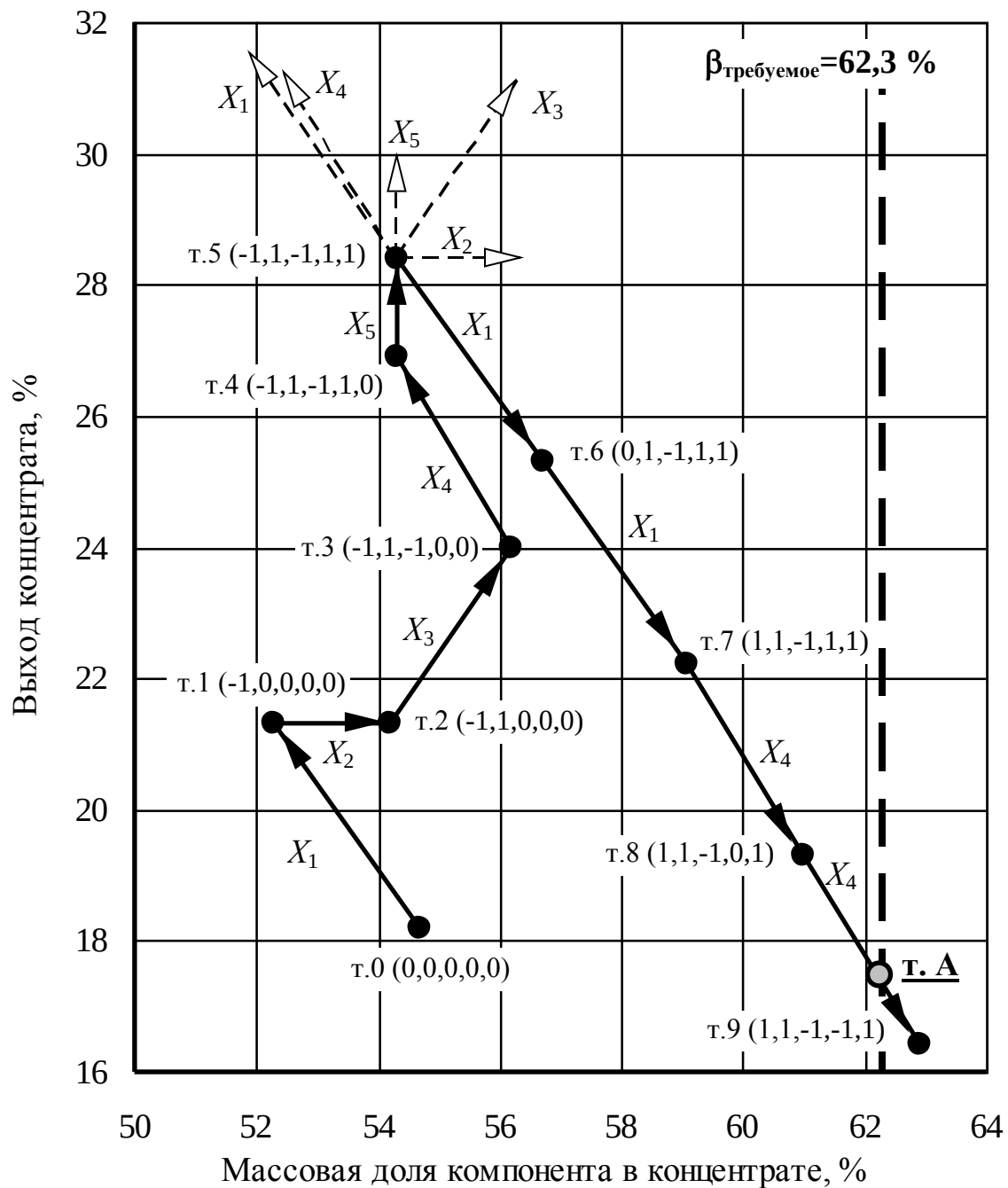


Рис. 4.1. Графическая оптимизация

Увеличиваем величину, стремящуюся к экстремуму (max), последовательно переводя значения факторов на +1 или -1. Знак берём по знаку коэффициента (при минимизации – с противоположным знаком). При графической оптимизации при переходе от точки к точке изменяется значение только одного фактора.

По моделям (4.2) рассчитываем координаты точек.

т.1 (-1,0,0,0,0); $\gamma = 21,3$; $\beta = 52,3$. Фактор $X_1 = -1$, так как в модели для γ его коэффициент отрицательный.

т.2 $(-1, 1, 0, 0, 0)$; $\gamma=21,3$; $\beta=54,2$. В модели для γ нет фактора X_2 , поэтому его значение можно взять -1 или $+1$. Мы взяли $X_2=+1$ по знаку коэффициента модели для β , чтобы увеличить β (приблизиться к $\beta_{\text{требуемое}}$)

т.3 $(-1, 1, -1, 0, 0)$; $\gamma=24$; $\beta=56,2$. Фактор $X_3=-1$, так как в модели для γ его коэффициент отрицательный.

т.4 $(-1, 1, -1, 1, 0)$; $\gamma=26,9$; $\beta=54,3$. Фактор $X_4=+1$, так как в модели для γ его коэффициент положительный.

т.5 $(-1, 1, -1, 1, 1)$; $\gamma=28,4$; $\beta=54,3$. Фактор $X_5=+1$, так как в модели для γ его коэффициент положительный.

На график наносим точки 1, 2, 3, 4 и 5 и соединяем точки отрезками (см. рис. 4.1). При этом отрезки $[0;1]$, $[1;2]$, $[2;3]$, $[3;4]$ и $[4;5]$ соответствуют факторам X_1 , X_2 , X_3 , X_4 и X_5 и характеризуют влияние этих факторов на функции.

На этом первый этап построения закончен – мы достигли максимального значения выхода концентрата.

Второй этап – выбор факторов, которые следует изменять в дальнейшем и определение последовательности изменения факторов.

Для того чтобы решить задачу и выйти на линию $\beta=\beta_{\text{требуемое}}$, нам нужно изменять значения факторов X_j . При этом изменять следует только те факторы, которые на первом этапе построения удалили нас от линии ограничения. Для выбора «удаляющих» факторов следует «мысленно» перенести все отрезки факторов в последнюю точку построений по первому этапу (на рис. 4.1 эти отрезки показаны пунктирной линией). В нашем примере это факторы X_1 и X_4 .

Таким образом, на третьем этапе построения мы будем изменять только факторы X_1 и X_4 .

При движении к линии $\beta=\beta_{\text{требуемое}}$ необходимо снизить как можно меньше выход γ . Для этого следует оценить пологость отрезков выбранных факторов X_1 и X_4 , и в дальнейшем начать изменять факторы с меньшим углом наклона отрезков.

Визуальное сравнение пологости отрезков $[0;1]$ и $[3;4]$, соответствующим факторам X_1 и X_4 , затруднено. Поэтому оцениваем пологость по углам наклона этих отрезков:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = A_1/B_1 = 3,1/2,4 = 1,29; \operatorname{tg} \alpha_4 = A_4/B_4 = 2,9/1,9 = 1,53.$$

Меньший $\operatorname{tg} \alpha$ соответствует отрезку фактора X_1 , поэтому на третьем этапе построения мы будем сначала изменять фактор X_1 , а затем фактор X_4 .

Третий этап – движение к линии ограничения $\beta = \beta_{\text{заданное}}$ при минимальном уменьшении выхода концентрата γ .

Из точки 5 начинаем движение к линии ограничения, последовательно изменяя значения выбранных факторов сначала до нуля, а затем до единицы с противоположным знаком. При переходе от точки к точке изменяем значение только одного фактора при абсолютном изменении на единицу. Построения заканчиваем после пересечения текущим отрезком линии ограничения.

Сначала рассчитываем координаты и наносим на график точки 6 (0,1,-1,1,1) и 7 (1,1,-1,1,1), соединяем их отрезками. При этом меняем фактор X_1 от -1 до 0 и потом до +1. Далее рассчитываем координаты и наносим точки 8 (1,1,-1,0,1) и 9 (1,1,-1,-1,1), соединяем их отрезками. При этом меняем фактор X_4 от +1 до 0 и потом до -1.

Последним отрезком [8;9] ломаной 0123456789 мы пересекли линию ограничения в точке А, поэтому построения заканчиваем (см. рис. 4.1).

Оптимальный режим, обеспечивающий максимальное значение выхода концентрата γ при $\beta = \beta_{\text{заданное}} = 62,3 \%$, соответствует значениям факторов X_1, X_2, X_3, X_4 и X_5 в точке А.

Точка А находится между точками 8 и 9. Отсюда следует, что оптимальные значения факторов равны: $X_1=1, X_2=1, X_3=-1$ и $X_5=1$. Оптимальное значение фактора X_4 находится в диапазоне от 0 до -1. Для расчёта X_4 используем второе уравнение системы (4.2), выразив из него X_4 и подставив вместо факторов X_1, X_2, X_3 и X_5 их оптимальные значения

$$\begin{aligned} X_4 &= (54,7 + 2,4 \cdot X_1 + 1,9 \cdot X_2 - 2,0 \cdot X_3 - 62,3) / 1,9 = \\ &= (54,7 + 2,4 \cdot 1 + 1,9 \cdot 1 - 2,0 \cdot (-1) - 62,3) / 1,9 = -0,68. \end{aligned}$$

Подставляем оптимальные значения факторов в первое уравнение системы (4.2) и рассчитываем максимальное значение выхода при $\beta = \beta_{\text{требуемое}} = 62,3 \%$: $\gamma_{\text{max}} = 17,32 \%$.

Полученные в результате оптимизации лучшие значения факторов ($X_1=1, X_2=1, X_3=-1, X_4=-0,68, X_5=1$) выражены в условных единицах. Для перехода к натуральным значениям факторов необходимо воспользоваться формулой:

$$X_j = X_{yj} \cdot \Delta X_j + X_{0j}. \quad (4.3)$$

где X_j и X_{yj} – натуральное и условное значение j -го фактора; ΔX_j – интервал варьирования j -того фактора; X_{0j} – нулевое (среднее) значение j -того фактора.

5. ПАРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ

При парной регрессии для выбора вида функции и предварительной оценки связи следует построить *поле корреляции* – графическую точечную зависимость между функцией и фактором (рис. 5.1).

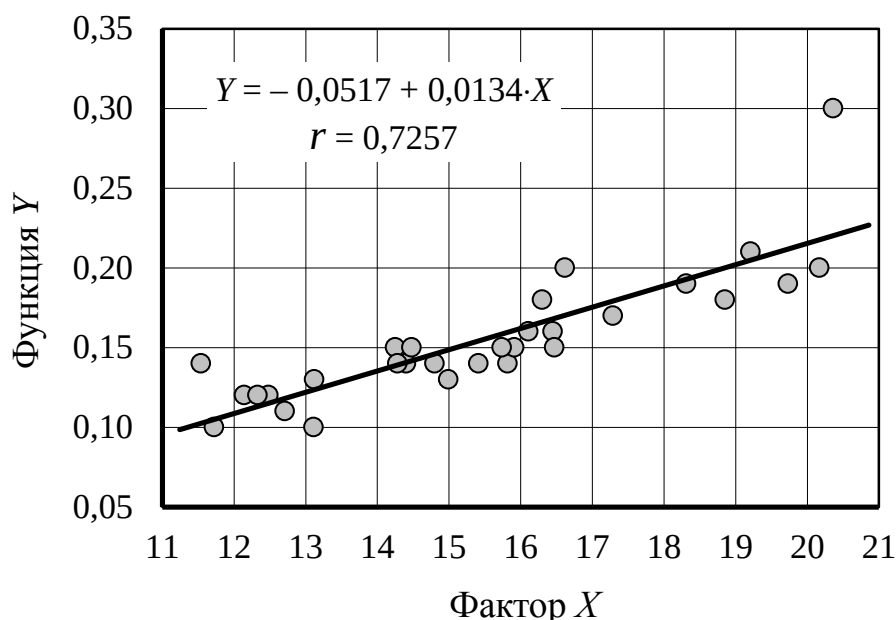


Рис. 5.1. Поле корреляции (точечная экспериментальная зависимость) и теоретическая линия регрессии (прямая линия)

Для нахождения коэффициентов модели, описывающей исследуемый процесс, используется *метод наименьших квадратов*. Метод наименьших квадратов обеспечивает минимизацию суммы квадратов разностей между экспериментальными и теоретическими значениями функции, то есть минимизацию ошибки предсказания функции по регрессионной модели. Условие наименьших квадратов записывается следующим образом:

$$L = \sum_{i=1}^N (Y_{\text{Э}i} - Y_{\text{Т}i})^2 \rightarrow \min, \quad (5.1)$$

где $Y_{\text{Э}i}$ и $Y_{\text{Т}i}$ – экспериментальное и теоретическое (рассчитанное по модели) значения функции в i -ом опыте.

Выведем формулы для коэффициентов модели вида прямой линии (полинома 1-ой степени) исходя из требования наименьших квадратов. Подставим вместо $Y_{\text{Т}i}$ в формулу (5.1) значение теоретической функции $Y = A_0 + A_1 X$.

$$L = \sum_{i=1}^N (Y_{\Xi i} - A_0 - A_1 X_i)^2 \rightarrow \min,$$

где X_i – экспериментальное значение фактора в i -ом опыте.

Для нахождения экстремума функции ($\min$) возьмём две частные производные функции (по количеству искомым коэффициентов) и приравняем их к нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial A_0} = 2 \sum_{i=1}^N (Y_{\Xi i} - A_0 - A_1 X_i)(-1) = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial A_1} = 2 \sum_{i=1}^N (Y_{\Xi i} - A_0 - A_1 X_i)(-X_i) = 0. \end{cases}$$

После преобразований имеем систему уравнений

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N Y_{\Xi i} = A_0 N + A_1 \sum_{i=1}^N X_i; \\ \sum_{i=1}^N Y_{\Xi i} X_i = A_0 \sum_{i=1}^N X_i + A_1 \sum_{i=1}^N X_i^2, \end{cases}$$

решение которой позволяет найти коэффициенты модели, удовлетворяющие условию (5.1):

$$A_1 = \frac{N \sum_{i=1}^N (Y_i X_i) - \sum_{i=1}^N Y_i \sum_{i=1}^N X_i}{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2}; \quad A_0 = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i - A_1 \sum_{i=1}^N X_i}{N}. \quad (5.2)$$

Одним из показателей, использующихся для оценки тесноты связи между двумя величинами и для предварительной оценки адекватности парной линейной регрессионной модели, является коэффициент корреляции:

$$r_{Y/X} = \frac{N \sum_{i=1}^N (Y_i X_i) - \sum_{i=1}^N Y_i \sum_{i=1}^N X_i}{\sqrt{N \sum_{i=1}^N Y_i^2 - (\sum_{i=1}^N Y_i)^2} \cdot \sqrt{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2}} \quad (5.3)$$

Коэффициент корреляции часто называют парным коэффициентом корреляции, так как он рассчитывается между двумя величинами. Подстрочный индекс в обозначении коэффициента корреляции указывает на эти две величины.

Коэффициент корреляции может быть как положительным, так и отрицательным. Коэффициент корреляции изменяется в диапазоне ± 1 . При этом знаки коэффициента корреляции и углового коэффициента A_1 прямой линии будут совпадать. Следовательно, знак коэффициента корреляции при линейной связи между двумя величинами определяет вид связи: знак «+» – связь положительная; знак «-» – связь отрицательная.

Абсолютная величина коэффициента корреляции характеризует тесноту линейной связи между двумя величинами. Чем ближе абсолютная величина коэффициента корреляции к единице, тем сильнее связь между функцией и фактором (между двумя величинами) и выше вероятность того, что парная линейная регрессионная модель адекватна.

Задача № 5

В результате выполнения тридцати опытов получены тридцать значений функции Y , соответствующей изменению фактора X ($N=30$).

Построить поле корреляции. Рассчитать коэффициенты парной линейной модели $Y=A_0+A_1X$ и коэффициент корреляции. Построить на поле корреляции теоретическую линию регрессии.

Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.8.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 20 (см. табл. Б.8).

Наносим тридцать точек с координатами (X ; Y) на график. По виду поля корреляции предполагаем наличие прямой связи между X и Y (см. рис. 5.1). Следовательно знак коэффициентов A_1 и r должен быть «+».

Рассчитываем пять сумм: $\sum X_i=465,1$; $\sum Y_i=4,66$; $\sum (Y_iX_i)=74,78$; $\sum X_i^2=7400,1$; $\sum Y_i^2=0,77$.

По формуле (5.2) рассчитываем коэффициенты парной линейной модели: $A_1=+0,0134$; $A_0=-0,0517$. По формуле (5.3) рассчитываем коэффициент корреляции: $r=+0,7257$. В итоге получили регрессионную модель вида:

$$Y = -0,0517 + 0,0134 \cdot X. \quad (5.4)$$

Знаки коэффициентов A_1 и r должны совпадать. Знак плюс соответствует положительной связи (при возрастании X увеличивается Y , см. рис. 5.1). Если по полю корреляции прослеживается отрицательная связь (при возрастании X уменьшается Y), то знаки коэффициентов A_1 и r должны быть отрицательными.

Для построения на поле корреляции теоретической линии регрессии задаёмся тремя значениями фактора (приблизительно минимальным, средним и максимальным): $X_1=11$; $X_2=16$; $X_3=21$. По уравнению (5.4) рассчитываем три значения функции: $Y_1=0,096$; $Y_2=0,163$; $Y_3=0,230$. Наносим координаты трёх теоретических точек на график и соединяем их прямой линией (см. рис. 5.1). Если три точки не соединяются прямой линией, то присутствует ошибка в построениях или в расчётах.

Теоретическая линия регрессии должна пройти через предполагаемую «середину» поля корреляции и соответствовать виду связи (положительной или отрицательной), предполагаемой по виду поля корреляции. Если линия регрессии проходит выше или ниже поля корреляции, или не соответствует виду связи, предполагаемому по виду поля корреляции, то расчёты или построения выполнены неправильно.

6. МНОЖЕСТВЕННАЯ ЛИНЕЙНАЯ РЕГРЕССИЯ

Рассмотрим применение метода множественной линейной регрессии на примере расчёта коэффициентов модели вида:

$$Y=A_0+A_1X_1+A_2X_2.$$

Алгоритм расчёта следующий.

1. Рассчитываем все возможные парные коэффициенты корреляции между функцией и факторами по формуле (5.3) и заполняем таблицу коэффициентов корреляции вида:

Переменные	Y	X_1	X_2
X_1	$r_{Y/X1}$	1	$r_{X1/X2}$
X_2	$r_{Y/X2}$	$r_{X1/X2}$	1

Для заполнения таблицы необходимо рассчитать три коэффициента корреляции: $r_{Y/X1}$; $r_{Y/X2}$; $r_{X1/X2}$.

2. По таблице парных коэффициентов корреляции составляем систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} r_{Y/X1} = l_{Y/X1} + r_{X1/X2} \cdot l_{Y/X2}; \\ r_{Y/X2} = r_{X1/X2} \cdot l_{Y/X1} + l_{Y/X2}. \end{cases} \quad (5.5)$$

Решением системы уравнений (5.5) являются частные стандартизированные коэффициенты регрессионной модели $l_{Y/X1}$, $l_{Y/X2}$, отражающие «чистую» связь функции с фактором.

3. Записываем уравнение множественной линейной регрессии в стандартизированном масштабе

$$Y_{\text{ст}} = l_{Y/X1} X_{1(\text{ст})} + l_{Y/X2} X_{2(\text{ст})}, \quad (5.6)$$

где $Y_{\text{ст}}$; $X_{1(\text{ст})}$; $X_{2(\text{ст})}$ – стандартизированные величины функции и факторов равные, соответственно:

$$Y_{\text{ст}} = (Y - \bar{Y}) / S_Y; \quad X_{1(\text{ст})} = (X_1 - \bar{X}_1) / S_{X1}; \quad X_{2(\text{ст})} = (X_2 - \bar{X}_2) / S_{X2}.$$

4. Подставляем в уравнение (5.6) формулы стандартизированных величин функции и факторов

$$(Y - \bar{Y}) / S_Y = l_{Y/X1} (X_1 - \bar{X}_1) / S_{X1} + l_{Y/X2} (X_2 - \bar{X}_2) / S_{X2}.$$

После преобразований, направленных на получение модели для натуральных значений Y , X_1 , X_2 , имеем

$$Y = (\bar{Y} / S_Y - l_{Y/X1} \bar{X}_1 / S_{X1} - l_{Y/X2} \bar{X}_2 / S_{X2}) S_Y + (l_{Y/X1} S_Y / S_{X1}) X_1 + (l_{Y/X2} S_Y / S_{X2}) X_2.$$

Таким образом, формулы для расчёта коэффициентов множественной линейной регрессионной модели:

$$\begin{aligned} A_0 &= \bar{Y} - \bar{X}_1 l_{Y/X1} S_Y / S_{X1} - \bar{X}_2 l_{Y/X2} S_Y / S_{X2}; \\ A_1 &= l_{Y/X1} S_Y / S_{X1}; \quad A_2 = l_{Y/X2} S_Y / S_{X2}. \end{aligned} \quad (5.7)$$

Тесноту связи между функцией и факторами линейной множественной модели определяют по коэффициенту множественной линейной корреляции, который для рассмотренного примера будет равен

$$R = \sqrt{r_{Y/X1} l_{Y/X1} + r_{Y/X2} l_{Y/X2}}. \quad (5.8)$$

Задача № 6

В результате выполнения десяти опытов получены десять значений функции Y , соответствующей изменению факторов X_1 и X_2 ($N=10$).

Рассчитать коэффициенты множественной линейной модели $Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2$ и коэффициент множественной линейной корреляции. Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.9.

Решение

Решение задачи приведено для варианта № 19 (см. табл. Б.9).

По формуле (5.3) рассчитываем три коэффициента корреляции: $r_{Y/X1} = 0,967$; $r_{Y/X2} = -0,942$; $r_{X1/X2} = -0,898$.

Составляем систему уравнений (5.5). Решаем систему уравнений и находим частные стандартизированные коэффициенты регрессионной модели: $l_{Y/X1} = 0,624$ и $l_{Y/X2} = -0,383$.

По формуле (1.1) рассчитываем средние значения: $\bar{Y}=48,26$; $\bar{X}_1=4,09$; $\bar{X}_2=14,29$. По формуле (1.2) рассчитываем средние квадратические отклонения: $S_Y = 3,007$; $S_{X1} = 2,062$; $S_{X2} = 2,212$.

По формулам (5.7) рассчитываем коэффициенты модели: $A_0=51,974$; $A_1=0,909$; $A_2=-0,520$. Записываем искомую модель:

$$Y=51,974+0,909 \cdot X_1-0,520 \cdot X_2.$$

По формуле (5.8) рассчитываем коэффициент множественной линейной корреляции: $R = 0,982$.

7. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ

Дисперсионные планы относятся к многоуровневым факторным планам. Дисперсионные планы отличаются возможностью исследования влияния на функцию качественных факторов вместе с количественными. Для оценки значимости влияния факторов на функцию используются различия дисперсий. При дисперсионном анализе модель в явной форме не записывается.

При дисперсионном анализе используются однофакторные и многофакторные планы, последние из которых разделяют на блочные, латинские квадраты и греко-латинские квадраты.

Для любого плана дисперсионного анализа обработка экспериментальных данных ведётся по одной и той же схеме.

Рассмотрим схему математической обработки экспериментальных данных, полученных с помощью латинского квадрата, на практическом примере.

Задача № 7

В результате выполнения эксперимента по латинскому квадрату, приведённому в табл. 7.1 получены значения функции Y . Опыты дублированы. Факторы имеют уровни: $X_1 - \text{I, II, III, IV}$; $X_2 - 1, 2, 3$; $X_3 - A, B, C, D$. Оценить влияние групп факторов на функцию. Определить значения факторов, обеспечивающих максимальную величину функции. Варианты с исходными данными приведены в табл. Б.10.

Решение

Расчёт суммы функций для каждого уровня групп факторов (11 штук) и общей суммы

$$Y_{\text{I}}=80+81+73+74+63+64=435; \quad Y_{\text{II}}=73+74+63+64+65+66=405; \\ Y_{\text{III}}=63+64+69+66+50+51=363; \quad Y_{\text{IV}}=55+56+50+51+58+62=332.$$

$$Y_1=80+81+73+74+63+64+55+56=546; \quad Y_2=73+74+63+64+69+66+ \\ +50+51=510; \quad Y_3=63+64+65+66+50+51+58+62=479.$$

$$Y_A=80+81+63+64+50+51=389; \quad Y_B=73+74+69+66+58+62=402;$$

$$Y_C=63+64+50+51+63+64=355; \quad Y_D=73+74+65+66+55+56=389.$$

$$Y_{\text{общ}}=80+81+73+74+63+64+55+56+73+74+63+64+69+66+50+51+63+64+65+66+50+51+58+62=1535.$$

Таблица 7.1

Латинский квадрат (дисперсионный план)

	I		II		III		IV	
1	A	80 81	B	73 74	C	63 64	D	55 56
2	D	73 74	A	63 64	B	69 66	C	50 51
3	C	63 64	D	65 66	A	50 51	B	58 62

Расчёт суммы квадратов

$$\Sigma_{I-IV} = \sum_j^k (Y_j^2 / (p_{I-IV} \cdot t)) - Y_{\text{общ}}^2 / (N \cdot t) = (Y_I^2 + Y_{II}^2 + Y_{III}^2 + Y_{IV}^2) / (p_{I-IV} \cdot t) - Y_{\text{общ}}^2 / (N \cdot t) = (435^2 + 405^2 + 363^2 + 332^2) / (3 \cdot 2) - 1535^2 / (12 \cdot 2) = 1031,13;$$

$$\Sigma_{1-3} = \sum_i^n (Y_i^2 / (p_{1-3} \cdot t)) - Y_{\text{общ}}^2 / (N \cdot t) = (Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2) / (p_{1-3} \cdot t) - Y_{\text{общ}}^2 / (N \cdot t) = (546^2 + 510^2 + 479^2) / (4 \cdot 2) - 1535^2 / (12 \cdot 2) = 281,08;$$

$$\Sigma_{A-D} = \sum_l^h (Y_l^2 / (p_{A-D} \cdot t)) - Y_{\text{общ}}^2 / (N \cdot t) = (Y_A^2 + Y_B^2 + Y_C^2 + Y_D^2) / (p_{A-D} \cdot t) - Y_{\text{общ}}^2 / (N \cdot t) = (389^2 + 402^2 + 355^2 + 389^2) / (3 \cdot 2) - 1535^2 / (12 \cdot 2) = 202,46;$$

$$\Sigma_{\text{общ}} = \sum_{jli}^N (Y_{jli}^2) - Y_{\text{общ}}^2 / (N \cdot t) = 80^2 + 81^2 + 73^2 + 74^2 + 63^2 + 64^2 + 55^2 + 56^2 + 73^2 + 74^2 + 63^2 + 64^2 + 69^2 + 66^2 + 50^2 + 51^2 + 63^2 + 64^2 + 65^2 + 66^2 + 50^2 + 51^2 + 58^2 + 62^2 - 1535^2 / (12 \cdot 2) = 1858,96,$$

где j и k – номер и количество уровней фактора X_1 ; i и n – номер и количество уровней фактора X_2 ; l и h – номер и количество уровней фактора X_3 ; p_{I-III} , p_{1-3} , p_{A-D} – число данных, по которым найдены суммы $Y_I, \dots, Y_1, \dots, Y_A, \dots$ (без учёта повторения опытов); N – число опытов в плане (без учёта повторения опытов); t – количество повторений опытов (при дублировании $t=2$).

Расчёт суммы квадрата погрешности воспроизводимости, числа степеней свободы и дисперсии воспроизводимости

$$\Sigma_B = \Sigma_{\text{общ}} - \Sigma_{I-IV} - \Sigma_{1-3} - \Sigma_{A-D} = 1858,96 - 1031,13 - 281,08 - 202,46 = 344,29;$$

$$f_{I-IV} = k - 1 = 4 - 1 = 3; \quad f_{1-3} = n - 1 = 3 - 1 = 2; \quad f_{A-D} = h - 1 = 4 - 1 = 3;$$

$$f_{\text{общ}} = N \cdot t - 1 = 12 \cdot 2 - 1 = 23; \quad f_B = f_{\text{общ}} - f_{I-IV} - f_{1-3} - f_{A-D} = 23 - 3 - 2 - 3 = 15;$$

$$S^2_B = \Sigma_B / f_B = 344,29 / 15 = 22,95.$$

Расчёт дисперсий влияния групп факторов на функцию

$$S^2_{I-IV} = \Sigma_{I-IV} / f_{I-IV} = 1031,13 / 3 = 343,71;$$

$$S^2_{1-3} = \Sigma_{1-3} / f_{1-3} = 281,08 / 2 = 140,54;$$

$$S^2_{A-D} = \Sigma_{A-D} / f_{A-D} = 202,46 / 3 = 67,49.$$

Сравнение дисперсий влияния групп факторов с дисперсией воспроизводимости

Если $S^2_{I-IV} < S^2_B$; $S^2_{1-3} < S^2_B$; $S^2_{A-D} < S^2_B$, то группы факторов не влияют на функцию, если наоборот, то можно предположить, что группы факторов влияют на функцию.

В рассматриваемом примере $S^2_{I-IV} > S^2_B$; $S^2_{1-3} > S^2_B$; $S^2_{A-D} > S^2_B$. Поэтому мы выдвигаем гипотезу, что все группы факторов влияют на функцию и проверяем эту гипотезу с помощью критерия Фишера.

$$F_{P(I-IV)} = S^2_{I-IV} / S^2_B = 343,71 / 22,95 = 14,97;$$

$$F_{P(1-3)} = S^2_{1-3} / S^2_B = 140,54 / 22,95 = 6,12;$$

$$F_{P(A-D)} = S^2_{A-D} / S^2_B = 67,47 / 22,95 = 2,94.$$

По табл. А2 находим теоретические значения критерия Фишера:

$$F_{T(I-IV)} = 3,29 \text{ при } f_B = f_{I-IV} = 3 \text{ и при } f_M = f_B = 15;$$

$$F_{T(1-3)} = 3,68 \text{ при } f_B = f_{1-3} = 2 \text{ и при } f_M = f_B = 15;$$

$$F_{T(A-D)} = 3,29 \text{ при } f_B = f_{A-D} = 3 \text{ и при } f_M = f_B = 15.$$

Для каждой группы факторов сравниваем F_P и F_T . Если $F_P > F_T$, то гипотеза принимается и влияние группы факторов значимо. Если $F_P < F_T$, то гипотеза не принимается и влияние группы факторов не значимо.

В рассматриваемом примере значимо влияют на функцию группы факторов X_1 (уровни: I, II, III, IV) и X_2 (уровни: 1, 2, 3), так как $14,97 > 3,29$ и $6,12 > 3,68$.

Группа факторов X_3 (уровни: A, B, C, D) на функцию не влияет, так как $2,94 < 3,29$.

Расчёт коэффициентов модели

Коэффициенты модели рассчитываются только для групп факторов X_1 и X_2 , значимо влияющих на функцию. Коэффициенты модели группы фактора X_3 , не значимо влияющего на функцию принимаем равными нулю.

$$A_0 = \bar{Y} = Y_{\text{общ}} / (N \cdot t) = 1535 / (12 \cdot 2) = 63,96.$$

Коэффициенты модели группы фактора X_1 :

$$A_I = Y_I / (p_{I-IV} \cdot t) - \bar{Y} = 435 / (3 \cdot 2) - 63,96 = 8,54;$$

$$A_{II} = Y_{II} / (p_{I-IV} \cdot t) - \bar{Y} = 405 / (3 \cdot 2) - 63,96 = 3,54;$$

$$A_{III} = Y_{III} / (p_{I-IV} \cdot t) - \bar{Y} = 363 / (3 \cdot 2) - 63,96 = -3,46;$$

$$A_{IV} = Y_{IV} / (p_{I-IV} \cdot t) - \bar{Y} = 332 / (3 \cdot 2) - 63,96 = -8,63.$$

Коэффициенты модели группы фактора X_2 :

$$B_1 = Y_1 / (p_{1-3} \cdot t) - \bar{Y} = 546 / (4 \cdot 2) - 63,96 = 4,29;$$

$$B_2 = Y_2 / (p_{1-3} \cdot t) - \bar{Y} = 510 / (4 \cdot 2) - 63,96 = -0,21;$$

$$B_3 = Y_3 / (p_{1-3} \cdot t) - \bar{Y} = 479 / (4 \cdot 2) - 63,96 = -4,08.$$

Записываем полученную модель:

$$Y = A_0 + \begin{vmatrix} A_I \\ A_{II} \\ A_{III} \\ A_{IV} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{vmatrix} = 63,96 + \begin{vmatrix} + 8,54 \\ + 3,54 \\ - 3,46 \\ - 8,63 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} + 4,29 \\ - 0,21 \\ - 4,08 \end{vmatrix}.$$

Оптимизация модели

По полученной модели выполняем оптимизацию. Если необходимо получить $Y \rightarrow \max$, то выбираем максимальные по величине коэффициенты A_j и B_i : $A_I=8,54$ и $B_1=4,29$. Натуральные значения этих факторов будут характеризовать оптимальный режим и обеспечат максимальное значение функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козин В. З., Пелевин А. Е. Теория инженерного эксперимента: учебное пособие для вузов. Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 166 с.

2. Козин В. З. Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984. – 112 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблицы теоретических критериев

Таблица А.1

Значение критерия Стьюдента t_t при $P = 95 \%$

Число степеней свободы, f	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значение критерия, t_t	12,71	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,37	2,31	2,26	2,23
Число степеней свободы, f	11	12	13	14	15	23	34	40	60	∞
Значение критерия, t_t	2,20	2,18	2,16	2,15	2,13	2,07	2,04	2,02	2,00	1,96

Таблица А.2

Значение критерия Фишера F_t при $P = 95 \%$

Число степеней свободы меньшей дисперсии, f_m	Число степеней свободы большей дисперсии, f_b								
	1	2	3	4	5	6	12	24	∞
1	164,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	244,9	249,0	254,3
2	18,5	19,2	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,0	3,8	3,7
12	4,8	3,9	3,5	3,3	3,1	3,0	2,7	2,5	2,3
24	4,3	3,4	3,0	2,8	2,6	2,5	2,2	2,0	1,7
∞	3,8	3,0	2,6	2,4	2,2	2,1	1,8	1,5	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1

Варианты для задачи № 1.1

Номер варианта	Номер анализа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7,32	7,64	8,14	10,94	8,09	6,91	8,04	6,72	7,84	7,96
2	19,62	21,17	18,84	26,32	19,01	23,12	21,10	20,15	19,36	22,14
3	29,17	30,96	30,01	35,47	29,86	34,14	29,16	31,08	29,92	28,99
4	36,48	41,08	40,29	35,16	38,41	39,98	37,84	42,99	44,15	40,06
5	47,15	49,02	44,29	53,20	45,13	47,02	44,18	49,96	48,87	47,18
6	66,15	67,49	69,15	73,28	61,08	65,12	66,89	66,84	63,17	62,08
7	25,10	29,45	21,47	34,64	26,48	23,61	28,14	26,14	29,48	24,78
8	55,18	59,64	57,42	63,24	59,84	56,14	54,17	58,14	53,12	54,27
9	88,15	81,10	88,45	77,84	83,25	84,75	86,61	82,01	84,14	86,34
10	55,10	51,27	56,37	62,31	54,19	55,28	51,39	54,10	58,96	53,18
11	63,02	64,18	64,08	73,69	69,95	68,59	62,23	64,18	64,53	67,48
12	21,05	29,61	25,48	16,34	26,63	27,74	23,64	25,59	26,48	23,17
13	26,68	28,97	24,87	18,96	26,34	21,57	29,80	29,31	25,54	23,61
14	33,12	35,48	36,15	40,28	34,51	30,12	30,27	35,14	35,12	34,51
15	86,21	85,12	84,27	91,20	80,13	85,17	86,69	85,47	83,19	83,26
16	63,07	64,19	68,19	58,89	64,87	62,84	61,08	63,04	65,55	65,07
17	44,11	45,29	49,37	52,37	40,15	42,25	41,30	45,62	45,68	42,37
18	26,68	25,87	24,69	32,15	23,84	29,57	26,54	23,64	23,48	25,48
19	55,12	59,12	57,45	63,27	51,24	53,28	56,61	55,51	53,27	55,01
20	46,95	41,20	42,28	32,10	42,18	47,89	45,65	43,61	48,95	42,10
21	31,20	35,41	32,50	43,15	36,95	34,78	35,10	39,84	35,21	36,54
22	55,05	51,26	59,86	45,56	52,21	53,64	57,84	58,87	59,99	58,87
23	27,86	29,61	28,01	33,60	26,14	24,09	28,16	25,54	26,41	29,09
24	33,01	35,48	36,14	40,25	31,08	36,51	33,20	34,69	31,21	32,28
25	50,29	52,34	56,07	46,62	53,38	56,67	55,01	54,18	55,67	51,24
26	88,06	81,25	85,56	93,28	84,17	86,37	85,09	83,27	81,10	82,50
27	23,01	25,60	24,87	31,24	25,89	25,61	21,16	28,01	23,51	23,48

Таблица Б.2

Варианты для задачи № 1.2

Показатели	Номер варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
γ	33,05	22,15	17,62	40,50	35,61	43,24	45,20	24,61	28,90
β	19,20	45,10	25,64	16,20	17,60	18,35	12,90	16,30	16,40
α	7,50	10,50	5,60	7,80	6,54	10,20	6,30	6,80	6,31
$S_{B\gamma}$	0,50	0,15	0,14	0,16	0,18	0,25	0,20	0,10	0,26
$S_{B\beta}$	0,24	0,26	0,60	0,27	0,26	0,31	0,17	0,18	0,21
$S_{B\alpha}$	0,13	0,40	0,23	0,18	0,17	0,27	0,16	0,14	0,20
Показатели	Номер варианта								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
γ	42,31	45,62	44,21	26,31	28,94	19,50	26,84	32,17	42,21
β	18,70	18,47	9,43	18,47	16,40	45,32	18,70	16,65	19,64
α	9,30	9,54	5,01	9,81	6,97	10,28	6,83	7,14	10,28
$S_{B\gamma}$	0,20	0,21	0,24	0,24	0,27	0,18	0,21	0,24	0,24
$S_{B\beta}$	0,14	0,18	0,26	0,23	0,26	0,09	0,14	0,18	0,29
$S_{B\alpha}$	0,16	0,13	0,14	0,18	0,20	0,70	0,22	0,17	0,20
Показатели	Номер варианта								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
γ	42,18	63,17	29,94	52,10	43,27	42,31	28,91	42,29	48,94
β	16,37	18,64	16,37	18,64	18,96	19,54	16,47	18,94	43,20
α	8,94	13,29	8,61	10,27	10,27	10,57	5,50	9,97	21,80
$S_{B\gamma}$	0,21	0,23	0,24	0,29	0,18	0,17	0,27	0,20	0,50
$S_{B\beta}$	0,28	0,17	0,18	0,24	0,13	0,29	0,26	0,15	0,27
$S_{B\alpha}$	0,19	0,12	0,16	0,20	0,24	0,24	0,20	0,27	0,39

Таблица Б.3

Варианты для задачи № 1.3

Номер варианта		Номер опыта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	нр	25,67	59,61	34,17	66,57	88,91	14,45	44,08	30,09	26,65	90,14
	пр	27,68	55,17	32,04	66,09	87,14	13,28	42,79	27,51	24,68	89,10
2	нр	12,38	55,18	69,18	57,34	66,09	25,17	26,57	45,59	53,27	29,98
	пр	10,59	52,09	66,03	55,01	65,07	21,48	23,61	42,58	50,19	28,84
3	нр	56,24	12,57	45,29	86,91	44,53	49,96	88,01	42,05	21,09	29,96
	пр	59,03	10,28	41,27	85,01	41,27	49,32	85,16	45,56	20,38	27,84
4	нр	55,14	63,29	88,94	93,02	26,95	14,48	52,18	54,27	32,27	30,08
	пр	52,17	66,27	87,14	90,08	25,58	15,97	56,47	55,84	35,14	29,29
5	нр	25,48	38,94	69,94	42,18	67,79	23,30	55,00	63,37	89,94	28,74
	пр	22,17	37,58	67,84	41,08	65,81	25,61	51,27	61,48	93,04	26,94

Номер варианта		Номер опыта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	нр	45,59	18,57	63,31	42,01	87,95	10,06	45,59	28,96	24,46	13,38
	пр	42,28	14,57	65,48	45,15	86,39	8,01	42,67	27,78	26,58	15,39
7	нр	55,18	12,29	56,63	47,18	66,90	57,89	32,05	25,89	10,58	10,26
	пр	52,07	10,24	53,6	45,67	62,07	54,19	30,17	26,47	8,91	10,98
8	нр	56,9	14,24	84,57	14,56	66,37	29,85	26,64	32,01	28,89	26,63
	пр	55,18	16,95	88,98	12,54	64,27	27,14	25,54	33,59	24,97	24,16
9	нр	25,68	45,67	18,89	27,87	28,89	89,91	57,89	15,56	28,28	54,47
	пр	26,94	42,15	19,61	26,94	30,17	88,47	56,24	17,84	26,94	56,23
10	нр	52,29	15,27	56,61	48,87	25,64	59,64	26,61	31,3	26,94	12,02
	пр	54,48	17,84	56,28	46,57	21,17	58,89	24,53	30,24	27,29	15,60
11	нр	56,61	89,91	36,51	59,94	35,28	55,55	25,61	30,80	44,42	26,45
	пр	52,30	84,57	34,20	59,64	31,74	51,08	28,94	32,18	48,57	24,51
12	нр	23,18	54,68	48,96	62,09	55,64	26,67	16,64	88,92	51,07	26,66
	пр	22,10	52,18	46,31	60,31	51,78	28,47	13,54	87,42	53,27	24,51
13	нр	33,33	29,00	88,49	57,77	66,60	49,96	35,57	16,16	25,55	37,74
	пр	34,59	27,89	86,24	56,41	63,31	52,21	35,10	18,94	24,41	35,51
14	нр	55,68	12,04	35,55	12,08	32,38	14,46	25,52	10,08	69,95	28,88
	пр	59,67	15,61	36,55	15,61	33,68	15,56	26,52	14,74	63,98	24,78
15	нр	26,37	45,20	59,64	25,59	26,61	32,33	55,55	48,88	29,99	36,61
	пр	29,85	44,18	58,87	24,47	24,51	29,38	60,15	47,72	28,84	35,54
16	нр	55,18	12,02	47,69	26,66	23,37	18,18	63,36	15,55	12,27	27,77
	пр	49,68	15,08	48,51	25,51	20,01	14,75	66,25	15,01	15,89	24,54
17	нр	55,50	25,54	57,88	48,48	25,16	15,56	49,96	45,57	33,33	14,19
	пр	56,61	26,94	59,61	49,99	29,99	18,87	51,02	49,89	36,64	19,89
18	нр	25,59	15,04	55,54	29,96	44,15	22,05	90,94	55,56	14,45	12,06
	пр	26,39	19,87	57,84	33,01	48,87	26,69	93,01	59,67	16,95	15,56
19	нр	25,59	15,08	45,56	57,78	12,03	85,64	26,66	15,19	48,87	12,25
	пр	29,64	18,89	49,99	59,69	14,44	89,94	28,88	16,99	49,95	15,54
20	нр	58,89	25,61	48,48	15,58	26,66	15,55	96,14	12,05	48,88	12,08
	пр	56,14	22,22	45,56	14,74	24,12	10,05	94,57	10,01	47,75	15,62
21	нр	32,31	89,58	26,64	54,68	25,55	15,05	12,22	45,59	65,58	25,58
	пр	33,08	88,47	22,14	59,84	26,64	14,05	15,57	48,87	66,67	25,88
22	нр	44,44	12,06	48,81	58,88	12,05	33,36	26,65	78,78	12,05	55,55
	пр	46,95	15,56	49,97	57,79	15,14	38,95	29,89	79,95	18,09	53,01
23	нр	56,66	58,94	12,08	55,55	33,26	52,02	15,54	88,05	33,36	28,88
	пр	51,02	57,14	16,68	59,18	34,14	55,57	18,94	89,94	34,80	31,05
24	нр	87,07	36,61	45,29	25,04	15,54	96,25	15,50	45,54	15,52	87,78
	пр	85,01	33,24	41,08	22,78	10,06	90,27	12,23	40,05	12,23	85,64
25	нр	55,55	49,95	12,08	25,68	15,09	78,87	18,96	33,33	23,34	28,84
	пр	51,06	42,18	10,05	24,48	12,47	74,49	14,57	30,08	23,33	28,88
26	нр	45,21	26,61	47,77	15,05	48,87	44,44	89,95	26,64	25,55	20,08
	пр	42,08	25,58	46,69	12,24	45,02	42,01	88,88	23,36	21,14	22,22
27	нр	56,61	50,05	26,61	88,88	55,90	65,62	27,97	45,58	22,22	56,61
	пр	55,24	48,89	23,34	81,09	51,24	66,31	26,68	42,14	20,08	59,91

Варианты для задачи № 1.4

Показатели	Номер варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{Y}_1$	26,67	56,67	26,64	26,94	59,94	21,38	32,08	45,98	66,31
$\bar{Y}_2$	29,81	51,08	21,08	24,44	51,51	19,63	33,07	42,10	61,27
$S_{\bar{Y}_1}$	0,18	0,29	0,10	0,20	0,30	0,20	0,29	0,22	0,29
$S_{\bar{Y}_2}$	0,23	0,21	0,29	0,31	0,21	0,14	0,22	0,31	0,34
N_1	5	5	9	5	7	5	5	6	8
N_2	9	8	8	13	6	3	7	9	6
Показатели	Номер варианта								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\bar{Y}_1$	44,12	30,24	39,04	38,94	56,94	48,98	22,29	66,94	10,29
$\bar{Y}_2$	41,08	28,17	34,05	36,45	52,08	45,67	23,98	63,08	14,26
$S_{\bar{Y}_1}$	0,60	0,50	0,27	0,21	0,28	0,60	0,20	0,27	0,17
$S_{\bar{Y}_2}$	0,28	0,14	0,39	0,06	0,33	0,47	0,14	0,40	0,16
N_1	6	6	6	5	4	5	6	6	6
N_2	4	4	2	9	9	6	9	4	5
Показатели	Номер варианта								
	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$\bar{Y}_1$	38,09	17,89	15,55	56,98	88,49	48,75	22,12	22,08	25,37
$\bar{Y}_2$	34,47	16,52	10,29	54,17	84,17	44,18	19,37	26,17	22,06
$S_{\bar{Y}_1}$	0,29	0,27	0,29	0,58	0,64	0,65	0,58	0,61	0,18
$S_{\bar{Y}_2}$	0,22	0,26	0,24	0,47	0,51	0,27	0,27	0,48	0,14
N_1	6	6	6	5	6	8	6	5	6
N_2	4	5	8	9	6	8	4	5	6

Варианты для задачи № 2

Показатели	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y_1	74,35	55,09	48,96	55,39	66,57	53,33	23,33	23,31	85,57	33,66
Y_2	27,16	42,08	40,08	89,24	31,47	42,08	56,94	56,69	56,31	49,87
Y_3	61,02	59,37	33,27	42,67	53,08	79,61	26,98	44,44	88,88	26,48
Y_4	19,94	35,84	25,54	77,77	29,99	70,05	62,22	59,96	42,17	51,08
Y_5	48,07	26,57	69,21	63,14	88,89	63,37	44,44	28,89	59,92	59,68
Y_6	31,29	16,54	63,33	60,17	44,59	40,05	85,51	64,51	46,37	77,77
Y_7	40,29	38,79	76,94	53,28	75,56	26,94	63,33	35,55	52,22	62,21
Y_8	29,45	22,22	70,14	51,07	54,84	47,85	81,20	68,87	34,18	88,04
Y_{01}	37,20	33,08	55,55	56,66	73,61	55,64	37,79	36,94	60,06	53,33
Y_{02}	39,14	36,94	53,19	53,66	74,98	52,31	35,56	34,14	55,94	55,52
Y_{03}	38,07	31,28	52,27	54,87	72,21	56,98	34,48	38,17	59,96	55,01
Y_{04}	38,09	35,15	53,31	56,68	72,35	55,55	36,34	35,55	58,89	54,29
Показатели	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Y_1	56,91	55,26	68,68	23,33	45,45	55,62	23,33	36,66	45,89	44,08
Y_2	42,28	26,61	62,08	45,59	12,89	51,08	56,57	31,08	41,08	16,69
Y_3	86,37	48,92	46,32	53,31	40,09	42,22	29,99	29,99	78,96	24,57
Y_4	45,55	78,88	44,01	68,94	18,94	40,09	68,98	28,84	71,06	12,24
Y_5	66,66	37,79	55,55	56,66	66,38	86,61	54,44	46,61	35,52	68,95
Y_6	42,27	33,56	41,10	68,94	60,18	47,75	55,02	48,95	26,64	25,55
Y_7	61,01	49,82	32,08	74,14	45,58	66,66	69,94	12,20	33,33	74,49
Y_8	40,08	66,21	26,66	78,89	40,12	45,59	64,47	15,55	37,84	33,33
Y_{01}	56,69	55,55	41,07	52,29	41,17	57,77	48,88	33,33	50,06	50,08
Y_{02}	57,81	51,07	42,06	53,64	45,56	56,61	45,57	30,08	51,27	54,27
Y_{03}	59,99	52,27	45,24	54,44	42,22	56,31	46,61	31,17	54,31	52,22
Y_{04}	56,38	53,38	43,43	54,41	42,58	54,00	47,77	32,22	53,33	53,38
Показатели	Номер варианта									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Y_1	66,66	77,77	26,63	38,81	23,31	53,31	23,33	29,37	75,01	30,04
Y_2	52,08	52,23	59,94	26,61	25,64	69,91	25,56	64,19	28,01	65,04
Y_3	79,24	42,21	33,33	48,88	58,86	74,18	49,85	32,65	61,01	33,02
Y_4	36,61	40,09	68,84	44,47	55,47	86,66	74,02	71,09	20,01	72,01
Y_5	19,98	56,34	42,84	55,51	86,31	55,55	35,56	27,36	49,01	28,06
Y_6	25,55	42,28	89,91	68,03	47,76	41,06	39,94	49,22	32,01	50,08
Y_7	16,61	33,33	55,55	22,22	89,62	26,61	55,55	17,34	41,01	18,07
Y_8	23,23	36,69	90,08	28,89	58,88	23,07	88,88	53,12	30,01	54,06
Y_{01}	34,47	52,29	77,77	36,60	67,77	49,93	63,39	31,60	38,01	32,11
Y_{02}	33,58	51,07	76,03	37,75	69,92	48,82	61,05	32,43	40,01	33,01
Y_{03}	36,61	54,48	75,51	34,48	69,69	49,99	62,22	32,97	39,01	33,09
Y_{04}	34,44	52,27	75,59	37,77	70,10	49,01	62,87	30,24	39,02	31,24

Варианты для задачи № 3

Показатели	Номер варианта											
	1		2		3		4		5		6	
	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
Y_1	88,88	85,52	55,55	59,63	25,63	20,01	55,55	59,93	36,62	30,05	25,56	20,07
Y_2	71,10	70,06	41,05	46,62	39,95	33,33	54,14	52,23	48,82	44,40	26,64	29,98
Y_3	69,94	95,58	33,33	28,85	34,41	25,59	50,04	44,47	44,44	40,01	23,35	26,64
Y_4	73,02	76,61	41,05	36,62	37,78	43,35	36,64	28,84	49,93	43,32	20,01	17,75
Y_5	33,33	35,54	72,03	71,05	44,44	49,98	66,62	60,05	58,86	54,21	29,96	35,56
Y_6	38,84	35,26	63,08	69,94	56,66	52,23	69,99	63,34	69,94	66,32	33,33	28,84
Y_7	34,41	32,20	55,58	51,08	45,59	42,01	60,04	53,31	67,74	60,05	25,55	21,07
Y_8	36,64	35,51	48,82	44,44	58,89	63,32	44,41	40,03	63,30	54,47	36,64	33,30
Показатели	Номер варианта											
	7		8		9		10		11		12	
	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
Y_1	45,44	41,02	41,42	40,56	56,62	51,04	56,17	58,46	56,17	52,14	45,56	41,21
Y_2	39,95	33,33	40,87	38,69	44,44	46,95	84,32	85,96	84,37	80,26	59,99	54,47
Y_3	56,68	57,74	31,02	32,54	75,52	71,04	75,91	73,56	75,91	77,77	56,58	54,17
Y_4	63,63	60,05	30,02	28,96	66,62	61,54	72,44	70,84	72,44	71,09	44,44	41,02
Y_5	20,05	24,47	46,65	43,38	55,32	54,10	68,67	67,76	68,67	72,26	48,89	47,75
Y_6	29,98	36,65	44,62	43,15	48,89	53,36	95,50	95,26	95,50	90,01	40,03	45,56
Y_7	44,44	42,25	35,52	34,49	68,95	71,14	81,88	82,86	81,88	85,52	63,63	62,25
Y_8	47,89	49,93	33,58	34,03	66,66	62,20	79,95	80,16	79,95	83,65	57,77	52,23
Показатели	Номер варианта											
	13		14		15		16		17		18	
	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2	Y_1	Y_2
Y_1	33,33	37,89	45,59	41,02	87,14	85,16	56,55	58,14	25,73	21,14	55,14	58,26
Y_2	26,64	28,74	78,85	71,02	70,12	73,21	42,05	43,14	40,14	34,19	54,65	50,14
Y_3	55,55	52,21	56,69	58,84	68,92	71,12	34,33	35,18	35,41	28,56	50,28	45,36
Y_4	39,94	37,88	44,44	49,49	72,09	70,16	42,02	41,22	38,78	44,36	37,41	29,89
Y_5	44,44	41,02	56,67	52,28	32,23	30,14	73,03	74,11	45,44	50,14	67,62	62,13
Y_6	52,29	53,34	47,00	43,36	37,74	35,21	64,08	68,52	56,81	53,21	70,04	65,21
Y_7	35,53	32,20	58,58	59,96	33,31	31,12	56,58	55,16	46,42	43,01	61,08	56,12
Y_8	41,01	43,37	44,40	46,68	35,54	34,13	49,82	51,13	59,60	64,11	45,41	40,03

Варианты для задачи № 4

Показатели	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_0	69,6	73,1	62,6	72,5	39,6	43,6	43,5	42,6	70,5	46,6
A_1	-5,2	-6,2	0	-4,6	-4,5	-2,5	-2,6	-6,0	-4,3	4,7
A_2	2,7	-4,3	-4,8	6,5	6,6	6,3	7,5	3,7	-4,5	5,5
A_3	-3,3	5,0	4,3	-4,8	0	-7,8	0	-4,8	3,6	-6,4
A_4	-4,9	-4,2	-6,9	0	-6,7	-8,0	-4,3	6,5	3,8	-4,6
A_5	5,7	-2,0	7,0	-4,9	-2,6	0	5,0	6,0	-6,0	5,0
B_0	43,2	46,3	42,3	46,6	40,5	27,9	31,5	39,4	35,4	32,7
B_1	2,6	2,1	-6,7	2,1	0	-3,0	-3,6	-3,2	-3,0	-4,0
B_2	4,5	4,8	3,6	-6,3	-2,7	-6,9	-4,8	-4,8	6,5	-6,2
B_3	3,8	-2,6	0	-7,5	-3,9	5,6	-9,0	6,7	-4,2	-2,4
B_4	6,6	-4,0	6,0	2,9	6,0	6,4	4,6	0	-4,6	0
B_5	-3,0	-1,0	-2,8	2,6	2,8	3,0	2,1	-6,2	0	-2,0
C	46	51	42	51	42	21	40,5	44	30	30
Показатели	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A_0	43,6	65,6	71,3	66,6	70,5	80,5	66,3	73,3	69,5	72,1
A_1	-4,5	-6,3	-6,4	-4,5	-6,3	0	-2,6	-4,8	-5,5	-6,1
A_2	-7,8	8,4	4,6	-3,7	-2,4	-3,3	0	2,6	2,9	-4,2
A_3	-6,0	0	-3,7	0	4,0	-4,6	-4,8	-6,5	-3,1	4,9
A_4	-2,6	-5,2	0	4,9	-2,6	2,1	2,6	-6,4	-5,1	-4,1
A_5	3,5	-6,0	-4,8	-4,6	-4,5	-4,4	-5,5	-2,0	5,8	-1,9
B_0	35,6	35,9	29,6	35,2	29,3	35,9	37,5	43,3	43,6	45,3
B_1	-2,6	-4,0	-9,3	2,6	-4,0	-3,6	0	2,6	2,7	2,0
B_2	3,5	0	-4,2	4,5	2,6	4,5	-4,8	4,0	4,4	4,7
B_3	3,4	-4,6	4,6	-3,6	-2,8	2,4	-3,6	3,7	3,9	-2,5
B_4	-2,0	5,6	-4,4	-4,2	-0,5	-4,5	-4,9	4,6	6,7	-3,9
B_5	-6,0	4,8	5,0	-2,5	3,9	-2,6	2,6	4,7	-3,1	-0,9
C	35	45	38	35	30	36	46	42	36	44

Варианты для задачи № 5

Номер пары данных	Номер варианта									
	1		2		3		4		5	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	13,50	0,10	1,35	1,06	43,26	12,22	12,23	87,75	12,22	43,05
2	12,66	0,11	1,26	1,04	59,96	15,40	11,26	85,53	15,56	59,98
3	14,78	0,15	1,47	1,22	30,05	11,11	15,53	93,34	11,05	31,24
4	20,23	0,30	2,02	3,08	66,65	15,53	14,45	90,05	15,52	66,66
5	11,52	0,14	1,15	1,23	50,02	10,02	11,11	84,42	10,23	51,27
6	12,89	0,12	1,28	1,26	44,49	12,29	13,36	89,24	12,26	44,45
7	14,53	0,13	1,45	1,30	55,56	12,23	12,22	86,02	12,98	53,34
8	15,44	0,14	1,54	1,42	42,29	11,16	10,52	92,31	8,26	42,15
9	16,78	0,18	1,67	1,89	48,86	14,45	13,33	85,55	14,48	48,89
10	19,33	0,21	1,93	2,03	68,89	18,86	12,23	87,77	18,85	68,87
11	17,25	0,17	1,72	1,79	58,86	15,56	12,20	88,05	15,52	59,93
12	16,55	0,20	1,65	1,23	38,85	13,33	11,54	87,79	13,32	38,58
13	14,82	0,15	1,48	1,56	52,25	13,37	10,03	85,54	13,25	46,62
14	15,55	0,13	1,54	1,33	41,18	11,11	14,44	90,31	9,63	41,18
15	18,33	0,17	1,83	1,75	46,68	14,45	13,33	88,88	14,44	43,38
16	19,22	0,25	1,92	2,56	62,23	12,22	15,55	92,03	12,28	55,59
17	13,55	0,11	1,15	1,05	42,28	14,48	14,42	90,05	14,42	42,24
18	12,68	0,12	1,28	1,23	66,66	17,77	11,17	83,69	17,75	66,64
19	14,76	0,12	1,45	1,30	55,05	15,25	13,35	89,89	15,52	54,48
20	20,23	0,31	1,54	1,49	60,02	15,52	12,22	86,63	15,56	58,86
21	11,52	0,10	1,67	1,81	62,33	15,54	15,52	92,02	12,23	61,15
22	12,89	0,12	1,93	2,06	45,58	12,26	13,38	85,52	9,05	33,33
23	14,52	0,13	1,72	1,74	63,31	16,65	12,22	87,58	17,78	67,79
24	15,44	0,14	1,65	0,23	56,20	14,45	12,22	88,88	10,05	52,25
25	16,77	0,18	1,48	1,55	30,05	8,88	11,01	87,87	12,25	45,56
26	16,55	0,23	1,54	1,36	42,28	10,06	10,06	85,53	12,55	53,34
27	14,87	0,16	1,83	1,74	49,99	12,25	14,42	90,05	15,64	61,05
28	15,42	0,13	1,92	2,22	50,25	16,66	13,33	85,48	8,89	41,15
29	18,33	0,17	2,06	2,29	41,15	11,32	12,23	88,25	12,25	58,85
30	16,77	0,19	1,15	1,29	52,26	10,08	13,33	85,85	10,04	42,00
Номер пары данных	Номер варианта									
	6		7		8		9		10	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	15,55	62,63	46,60	14,45	12,80	55,50	43,50	12,50	41,12	11,50
2	12,25	45,56	41,12	9,69	12,29	44,42	59,89	15,45	52,32	10,29
3	16,63	63,02	52,28	13,34	10,25	50,06	31,13	11,25	67,75	17,75
4	14,47	56,64	38,89	13,34	15,56	66,63	66,56	15,58	33,35	9,69
5	7,09	31,14	58,86	15,56	11,14	31,25	51,21	11,46	61,25	12,28
6	16,66	62,52	68,84	18,85	15,56	59,98	44,48	12,50	57,75	13,35

Продолжение табл. Б.8

Номер пары данных	Номер варианта									
	6		7		8		9		10	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
7	10,23	42,23	48,85	14,42	12,25	43,20	55,59	14,56	41,24	8,95
8	12,28	49,96	42,02	8,96	15,50	63,35	42,28	9,99	61,50	15,54
9	16,64	51,02	55,55	12,24	12,40	45,58	48,89	14,45	53,35	12,25
10	10,08	41,12	44,48	11,02	16,64	63,38	68,85	14,48	45,58	13,34
11	10,02	48,89	50,06	15,50	14,48	56,68	68,88	18,50	51,24	13,35
12	17,75	64,78	30,28	13,34	7,75	30,08	58,86	15,45	62,35	15,58
13	9,63	33,33	59,98	15,56	16,63	65,58	38,89	12,02	45,00	15,56
14	12,23	61,27	43,23	12,25	10,21	42,25	52,26	13,35	45,52	12,28
15	13,34	57,78	49,96	12,25	12,40	49,89	41,15	10,25	63,35	16,64
16	8,86	41,12	30,05	7,50	16,30	51,12	45,56	14,50	56,37	14,46
17	15,55	61,25	65,23	16,56	11,12	41,21	62,36	12,15	41,25	10,24
18	12,22	53,39	42,24	10,25	13,34	52,28	42,25	14,48	52,32	13,34
19	12,27	45,56	49,49	12,50	17,75	67,77	55,50	14,70	58,15	15,56
20	13,34	51,12	50,36	16,65	9,95	33,36	61,25	15,50	68,98	18,89
21	14,14	46,63	40,08	11,12	12,23	61,23	61,50	15,54	48,57	14,45
22	9,02	41,12	52,28	10,24	13,50	58,78	41,12	10,25	42,26	10,25
23	13,33	52,28	68,68	17,75	8,89	41,21	57,87	13,35	55,50	12,25
24	13,34	42,28	33,33	10,25	12,50	53,36	61,15	12,25	44,49	12,23
25	15,59	58,84	61,12	12,25	13,39	51,00	33,35	10,54	51,23	11,12
26	18,88	68,87	57,50	13,50	15,45	55,60	67,75	17,75	66,65	15,54
27	14,42	48,48	40,06	8,89	17,78	66,60	52,50	10,20	31,28	9,96
28	8,25	39,96	49,50	12,46	14,45	42,45	42,28	9,99	59,96	15,54
29	12,23	55,55	40,05	11,12	12,28	62,23	51,25	15,56	43,25	12,25
30	12,28	49,92	41,06	9,56	14,50	46,45	49,00	12,25	63,35	15,56
Номер пары данных	Номер варианта									
	11		12		13		14		15	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	46,50	14,50	61,15	15,50	52,50	13,35	15,50	6,20	12,56	87,56
2	41,12	9,99	53,20	12,25	38,69	12,50	12,25	4,50	11,12	85,45
3	52,26	13,35	45,00	12,25	58,80	15,50	16,35	6,30	15,45	93,26
4	38,89	13,34	50,08	13,35	68,87	18,89	14,25	5,55	14,45	91,25
5	58,58	15,50	62,25	12,25	48,50	14,45	11,12	3,23	11,28	84,15
6	68,89	18,85	46,63	14,45	42,20	12,24	16,50	6,52	13,65	89,90
7	48,48	14,53	41,15	9,25	55,50	12,24	11,24	4,20	12,25	86,36
8	42,12	12,28	52,28	13,34	44,42	12,28	12,25	4,90	15,45	92,32
9	55,50	12,29	38,45	8,88	51,24	10,02	16,63	5,25	13,25	85,85
10	49,96	12,28	58,59	15,50	65,66	15,50	10,25	4,21	12,45	87,78
11	51,24	11,20	68,57	18,45	31,25	11,20	10,23	4,23	12,45	88,00
12	66,35	15,59	44,44	14,46	59,95	15,50	17,58	6,70	11,12	87,00

Продолжение табл. Б.8

Номер пары данных	Номер варианта									
	11		12		13		14		15	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
13	31,24	11,12	42,25	8,89	43,25	12,25	10,25	3,30	10,54	85,00
14	59,96	15,40	55,45	12,25	41,15	10,25	12,25	6,36	14,45	91,02
15	43,25	12,50	44,40	12,25	52,50	11,20	13,32	5,70	13,36	88,80
16	56,50	15,00	50,05	10,00	67,00	17,47	8,58	4,25	14,54	91,24
17	31,25	7,84	66,35	12,00	33,50	10,65	15,45	6,10	11,45	84,46
18	65,58	16,64	31,20	11,25	61,25	12,24	12,35	5,30	13,15	89,89
19	42,45	10,25	59,96	15,56	57,57	13,31	12,25	4,59	12,25	86,86
20	49,96	12,25	43,25	12,50	41,24	9,99	13,23	5,25	15,14	92,52
21	51,24	16,16	62,35	15,56	61,25	15,54	14,45	4,62	13,50	85,00
22	41,12	11,10	45,56	12,25	53,35	12,25	13,25	5,20	12,12	87,90
23	52,28	12,23	63,35	16,50	45,00	12,50	13,36	3,89	12,25	88,50
24	67,89	17,00	56,36	14,40	51,12	13,60	15,25	5,86	11,10	87,54
25	33,36	10,24	65,65	16,20	61,24	15,54	18,45	6,85	10,02	85,80
26	61,12	12,25	42,10	10,20	55,00	15,56	14,40	4,80	14,45	90,00
27	58,58	13,50	49,59	12,25	66,50	17,75	12,23	5,50	13,50	88,00
28	40,20	8,96	51,21	16,63	42,25	14,45	16,60	5,25	15,54	91,54
29	61,00	15,50	41,00	11,25	62,00	12,25	10,12	4,10	11,54	84,74
30	53,36	12,25	52,26	11,25	46,65	14,45	17,70	6,78	13,35	89,00
Номер пары данных	Номер варианта									
	16		17		18		19		20	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	65,50	16,65	14,50	56,00	53,59	12,30	43,00	12,00	13,11	0,10
2	42,25	10,50	16,30	65,00	45,00	12,25	59,00	15,00	12,71	0,11
3	49,58	12,25	10,25	42,00	51,30	13,25	30,00	11,00	14,25	0,15
4	51,00	16,56	12,26	49,89	61,25	15,54	66,00	15,00	20,36	0,30
5	41,24	10,25	16,63	51,24	55,50	15,00	50,00	10,00	11,54	0,14
6	52,50	10,26	17,70	67,89	66,60	17,75	44,00	12,00	12,48	0,12
7	67,87	17,47	13,50	57,50	42,50	14,70	42,00	11,00	14,99	0,13
8	33,36	10,25	15,62	61,20	62,00	12,50	58,00	15,00	15,82	0,14
9	61,25	12,25	12,23	53,25	46,25	14,45	38,00	12,00	16,30	0,18
10	57,78	13,33	12,25	45,56	52,00	13,38	52,00	18,00	19,21	0,21
11	41,25	9,69	13,50	54,26	62,35	15,00	46,00	14,00	17,29	0,17
12	61,24	15,56	17,70	66,00	45,28	12,14	62,00	12,00	16,62	0,20
13	53,50	12,50	14,50	42,50	63,32	16,25	42,00	14,00	14,40	0,14
14	45,60	13,36	12,50	62,30	56,00	14,45	60,00	15,00	15,91	0,15
15	51,24	13,00	14,50	46,00	65,25	16,00	57,00	13,00	18,85	0,18
16	58,26	15,50	13,30	52,58	42,25	10,25	60,00	12,00	19,73	0,19
17	68,00	18,90	15,56	58,96	49,25	12,24	67,00	17,00	13,12	0,13
18	48,80	14,45	18,84	68,10	50,12	16,36	52,00	11,00	12,14	0,12

Номер пары данных	Номер варианта									
	16		17		18		19		20	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
19	42,50	9,69	14,40	48,58	41,12	11,12	50,00	16,00	14,28	0,14
20	55,50	12,80	12,25	55,00	52,10	10,02	49,00	12,00	20,17	0,20
21	44,50	12,24	15,50	63,00	67,80	17,84	65,00	16,00	11,72	0,10
22	51,15	12,20	16,30	63,20	61,25	12,30	56,00	14,00	12,33	0,12
23	66,60	15,50	14,40	56,30	58,89	13,50	51,00	11,00	14,48	0,15
24	31,30	12,25	16,50	65,00	61,00	15,60	44,00	12,00	15,41	0,14
25	43,40	13,35	12,25	49,58	45,00	12,25	48,00	14,00	16,45	0,16
26	61,00	16,60	17,70	67,50	55,50	15,60	58,00	15,00	16,47	0,15
27	55,90	16,50	12,25	61,20	58,00	15,30	65,00	16,00	14,80	0,14
28	42,01	14,50	13,25	57,48	68,40	18,00	62,00	15,00	15,74	0,15
29	63,35	13,58	15,56	61,40	48,50	14,20	48,00	12,00	18,31	0,19
30	62,00	15,40	13,35	52,24	42,00	8,90	63,00	16,00	16,11	0,16

Таблица Б.9

Варианты для задачи № 6

Номер варианта	Показатели	Номер данных									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Y	71,0	85,0	81,0	76,0	84,0	90,0	75,0	85,0	71,0	81,0
	X ₁	27,5	26,9	27,0	28,9	26,2	27,0	27,9	25,4	28,2	26,9
	X ₂	10,3	12,4	11,4	11,3	12,3	12,5	10,4	11,8	9,8	12,1
2	Y	55,0	43,0	58,0	51,0	58,0	52,0	40,0	48,0	42,0	53,0
	X ₁	12,2	14,8	10,1	13,1	12,2	12,3	16,6	14,5	13,9	12,2
	X ₂	16,3	8,6	18,9	13,9	17,5	13,3	7,3	10,1	8,9	14,4
3	Y	52,0	48,0	45,0	52,0	41,0	47,0	40,0	62,0	50,0	43,0
	X ₁	18,6	12,2	20,2	19,9	28,6	22,5	26,5	9,5	20,1	26,5
	X ₂	23,3	31,1	16,5	23,3	15,2	17,8	14,4	13,3	19,9	18,8
4	Y	45,0	31,0	47,0	33,0	52,0	48,0	39,0	44,0	31,0	38,0
	X ₁	9,2	6,6	10,1	8,1	12,2	8,8	9,4	9,3	6,6	8,1
	X ₂	27,7	22,8	28,9	24,0	29,8	27,8	25,5	28,8	22,2	25,3
5	Y	57,0	57,3	62,2	56,0	55,0	58,0	62,0	53,0	55,0	59,0
	X ₁	17,3	18,8	15,1	18,9	21,3	16,6	12,2	28,6	26,3	15,5
	X ₂	5,9	4,2	10,9	3,5	2,9	4,4	11,6	2,1	3,3	11,1
6	Y	52,0	58,0	55,0	57,0	56,0	56,0	57,0	55,0	54,0	59,0
	X ₁	29,9	13,6	21,1	17,6	18,8	18,9	18,0	22,3	26,8	14,4
	X ₂	1,1	11,4	3,2	7,4	4,5	4,4	6,6	3,6	2,1	11,1
7	Y	41,0	49,0	35,0	39,0	48,0	41,0	33,0	37,0	44,0	29,0
	X ₁	18,0	21,1	17,7	17,4	18,5	18,5	16,6	17,2	18,8	5,2
	X ₂	7,5	8,8	6,2	6,8	7,9	7,5	5,8	7,1	7,6	5,5

Окончание табл. Б.9

Номер варианта	Пока- затели	Номер данных									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Y	63,0	46,0	55,0	71,0	77,0	42,0	58,0	62,0	48,0	61,0
	X ₁	18,8	21,1	20,1	15,2	14,4	28,9	18,3	18,5	22,1	20,5
	X ₂	7,9	3,4	4,4	4,6	12,2	1,6	4,4	4,6	3,4	6,9
9	Y	42,0	38,0	49,0	47,0	31,0	39,0	42,0	31,0	51,0	44,0
	X ₁	10,3	9,0	12,3	10,5	6,7	7,8	10,5	6,2	14,4	10,3
	X ₂	16,5	16,5	11,2	12,5	22,2	16,5	16,5	19,6	6,9	15,6
10	Y	62,0	44,0	63,0	41,0	71,0	77,0	43,0	65,0	81,0	66,0
	X ₁	14,1	18,6	12,2	22,1	12,1	6,9	19,9	14,0	5,1	14,0
	X ₂	7,7	9,2	6,9	10,3	5,8	5,1	10,1	8,8	2,5	7,2
11	Y	8,5	6,0	9,9	8,3	7,1	8,8	6,2	8,0	9,9	8,1
	X ₁	18,3	15,2	22,5	18,4	16,9	18,8	16,5	19,2	22,0	17,4
	X ₂	7,5	4,2	10,5	7,7	6,8	7,3	6,6	7,5	9,3	7,5
12	Y	7,0	9,0	8,0	6,0	8,5	7,7	6,3	8,2	8,5	7,3
	X ₁	16,6	19,3	18,5	14,4	18,0	18,8	14,8	17,7	21,1	18,0
	X ₂	6,5	8,2	7,7	3,3	7,7	7,6	6,5	7,9	8,9	6,8
13	Y	35,0	38,0	36,0	39,0	38,0	34,0	37,0	40,0	37,0	36,0
	X ₁	11,2	15,5	12,3	17,7	16,2	10,2	13,3	18,9	15,2	12,6
	X ₂	2,5	6,6	5,0	6,9	6,3	2,2	5,6	7,4	4,9	4,9
14	Y	36,0	38,0	36,5	38,0	35,5	36,0	34,0	37,7	39,0	33,0
	X ₁	13,3	15,4	14,0	16,2	12,0	14,2	11,2	15,2	18,8	8,0
	X ₂	5,2	3,3	3,9	3,3	3,8	5,1	6,3	4,1	2,1	7,1
15	Y	45,0	49,0	47,0	48,0	46,0	48,2	43,0	46,5	46,0	49,0
	X ₁	20,3	28,9	23,3	26,6	22,1	26,6	20,4	23,0	23,0	28,7
	X ₂	6,2	2,1	4,6	3,3	5,5	2,1	7,5	5,8	5,9	2,1
16	Y	45,0	48,0	46,0	46,3	48,0	47,5	46,0	49,0	47,2	45,0
	X ₁	22,3	25,9	23,0	23,5	26,0	24,6	22,1	26,9	24,4	20,5
	X ₂	15,5	12,5	15,5	15,0	13,3	13,3	15,5	13,0	14,0	16,6
17	Y	44,0	48,0	46,5	47,5	43,0	49,0	45,0	47,5	48,9	44,0
	X ₁	2,0	6,3	5,1	5,5	1,2	6,8	2,0	6,8	6,0	1,0
	X ₂	13,0	16,9	16,3	16,3	13,4	16,9	12,8	15,4	16,5	13,5
18	Y	53,0	49,0	42,0	45,0	49,0	51,0	48,0	52,0	43,0	50,0
	X ₁	6,8	4,1	1,0	2,3	4,5	5,5	4,2	7,8	1,1	5,9
	X ₂	17,9	16,2	13,6	13,2	15,5	16,6	15,6	16,9	13,6	16,6
19	Y	47,0	45,0	50,5	47,1	53,0	47,0	43,0	49,0	51,0	50,0
	X ₁	3,2	1,0	5,6	3,0	7,0	4,1	1,1	4,2	6,5	5,2
	X ₂	15,0	16,6	13,6	15,4	9,8	16,3	16,9	13,6	12,2	13,5
20	Y	15,0	17,2	15,3	16,6	15,5	16,0	15,8	15,2	17,0	14,0
	X ₁	2,8	6,9	4,8	6,5	3,3	4,5	4,2	3,3	6,9	2,1
	X ₂	12,4	14,0	13,5	14,6	13,3	14,5	14,4	13,3	14,2	10,8

Варианты для задачи № 7

Номер варианта	Результаты экспериментов				Номер варианта	Результаты экспериментов			
1	80	73	63	65	2	70	63	53	55
	81	74	64	66		71	64	54	56
	73	63	65	50		63	53	55	40
	74	64	66	51		64	54	56	41
	63	65	50	60		53	55	40	50
3	64	66	51	62	4	54	56	41	52
	63	67	64	76		84	82	88	76
	65	65	65	74		82	80	86	76
	67	64	76	71		82	88	76	85
	65	65	74	70		80	86	76	83
5	64	76	71	76	6	88	76	85	81
	65	74	70	77		86	76	83	80
	84	86	85	81		54	55	64	57
	85	85	84	82		53	53	62	55
	86	85	81	85		55	64	57	54
7	85	84	82	88	8	53	62	55	53
	85	81	85	87		64	57	54	56
	84	82	88	89		62	55	53	58
	69	64	69	58		84	82	88	76
	67	65	71	56		86	80	86	74
9	64	69	58	66	10	82	88	76	85
	65	71	56	66		80	86	74	84
	69	58	66	66		88	76	85	81
	71	56	66	68		86	74	84	80
	69	64	69	58	11	60	53	43	45
11	67	66	71	60		61	54	44	46
	64	69	58	66		53	43	45	53
	66	71	60	65		54	44	46	54
	69	58	66	66		43	45	53	43
	71	60	65	67		44	46	54	44
12	84	85	85	82	12	66	62	68	56
	86	87	85	83		64	60	66	54
	85	85	82	81		62	68	56	62
	87	85	83	83		60	66	54	60
	85	82	81	82		68	56	62	68
13	85	83	83	84		66	54	60	68

Номер варианта	Результаты экспериментов				Номер варианта	Результаты экспериментов			
13	49	44	49	38	14	74	72	78	74
	47	46	51	41		72	70	76	75
	44	49	38	44		72	78	74	72
	46	51	41	46		70	76	75	70
	49	38	44	49		78	74	72	78
	51	41	46	51		76	75	70	76
15	64	65	65	62	16	50	43	23	25
	66	67	64	63		51	44	24	26
	65	65	62	65		43	23	25	43
	67	64	63	67		44	24	26	42
	65	62	65	65		23	25	43	33
	64	63	67	64		24	26	42	34
17	64	62	68	63	18	74	72	78	66
	63	60	67	65		75	70	75	65
	62	68	63	62		72	78	66	72
	60	67	65	60		70	75	65	71
	68	63	62	68		78	66	72	78
	67	65	60	65		75	65	71	76
19	74	76	75	71	20	44	45	45	42
	75	75	73	70		46	47	49	41
	76	75	71	76		45	45	42	45
	75	73	70	75		47	49	41	47
	75	71	76	75		45	42	45	45
	73	70	75	73		49	41	47	41

Учебное издание

Алексей Евгеньевич Пелевин

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Практикум
по дисциплине «Магнитные и электрические методы
обогащения полезных ископаемых»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Редактор Л. В. Устьянцева

Корректурa И. А. Крестьянинова

Подписано в печать 27.06.2018 г. Бумага писчая. Формат бумаги 60х84^{1/16}.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ.л. 2,9 Уч.-изд. л. 2,4. Тираж 100 экз. Заказ № 91

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.02.01 ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Специальность

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Обогащение полезных ископаемых

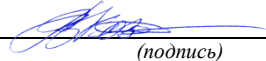
форма обучения: очная, заочная

Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического
(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.02.02 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТОВ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Специализация № 6

Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

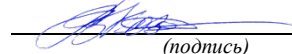
Автор: Пелевин А. Е., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 17.04.2019

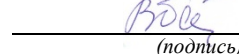
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель



(подпись)

Барановский В. П.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 19.04.2019

(Дата)

Екатеринбург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации**

**Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный
горный университет»**

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

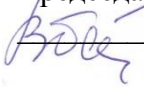
Лабораторный практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета
«22» апреля 2019 г.

Председатель комиссии
 проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Лабораторный практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Рецензент: *А. Е. Пелевин*, доктор технических наук,
профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Лабораторный практикум рассмотрен и одобрен на заседании кафедры
«Обогащение полезных ископаемых» 17 апреля 2019 г. (протокол № 7)
и рекомендован для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю.

Ц 96 Теория разделения минералов: лабораторный практикум /Е. Ф. Цыпин,
Т. Ю. Овчинникова; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ,
2019. – 23 с.

Лабораторный практикум составлен в соответствии с учебной программой курса «Теория разделения минералов» и содержит элементы теории, постановку задачи и объяснение существа получаемых результатов. Работы направлены на освоение теоретических положений информационных методов обогащения и методик оценки обогатимости при их использовании.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю., 2019

© Уральский государственный
горный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	4
<i>Лабораторная работа № 1. Экспериментальное получение сепарационной характеристики грохота</i>	<i>5</i>
<i>Лабораторная работа № 2. Экспериментальное получение фракционных характеристик угля и сепарационных характеристик отсадочной машины</i>	<i>8</i>
<i>Лабораторная работа № 3. Экспериментальное изучение изменения сепарационных характеристик магнитного сепаратора при изменении напряжённости магнитного поля</i>	<i>14</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Экспериментальное определение сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора.....</i>	<i>18</i>
<i>Лабораторная работа № 5. Фракционирование руды на рентгенофлуоресцентном сепараторе с получением кривых разделения</i>	<i>21</i>
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	23

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При оформлении лабораторных работ следует придерживаться рекомендуемой формы.

Каждая работа должна включать формулировку задачи, условия, для которых выполняются расчёты на основании экспериментально полученных данных, необходимые таблицы, графики, формулы, выводы.

К пояснительной записке, выполненной на листах формата А4, предъявляются следующие требования: наличие титульного листа, содержания, нумерации страниц, таблиц, рисунков, подрисовочных подписей, обозначения и расшифровки кривых на графиках, обозначения осей на графиках, размерностей по осям графиков, в таблицах и численных результатах, получаемых в ходе расчётов по формулам, списка использованных источников.

При построении графиков студент самостоятельно выбирает оптимальные масштабы по осям, вводя, при необходимости, логарифмические масштабы.

Каждая работа должна заканчиваться содержательными выводами, дающими прямой ответ на поставленный в работе вопрос.

Продолжительность лабораторных работ:

<i>Лабораторная работа № 1</i>	2 часа;
<i>Лабораторная работа № 2</i>	6 часов;
<i>Лабораторная работа № 3</i>	4 часа;
<i>Лабораторная работа № 4</i>	4 часа;
<i>Лабораторная работа № 5</i>	4 часа.

Получение сепарационной характеристики аппарата

При известных w -функциях исходного материала и одного из продуктов обогащения (концентрата или хвостов), а также известном выходе одного из продуктов обогащения или при одинаковой массе проб для фракционного анализа учётов выхода концентрата или выхода хвостов, сепарационную характеристику аппарата можно получить по формулам:

$$\varepsilon_K(\xi_i) = \gamma_K \frac{w_K(\xi_i)}{w_H(\xi_i)} = \gamma_K \frac{\gamma_{Ki}}{\gamma_{Hi}}; \quad \varepsilon_X(\xi_i) = \gamma_X \frac{w_X(\xi_i)}{w_H(\xi_i)} = \gamma_X \frac{\gamma_{Xi}}{\gamma_{Hi}},$$

или по массам фракций

$$\varepsilon_K(\xi_i) = \frac{m_K(\xi_i)}{m_H(\xi_i)}; \quad \varepsilon_X(\xi_i) = \frac{m_X(\xi_i)}{m_H(\xi_i)}.$$

Отметим, что границы всех фракций должны быть одинаковыми в исходном, концентрате и хвостах.

По построенной сепарационной характеристике можно определить границу разделения и среднее вероятное отклонение E_{pm} .

Граница разделения – это такое значение признака разделения, при котором соответствующие ему частицы с равной вероятностью могут перейти и в концентрат, и в хвосты. Границу разделения легко определить графически: это абсцисса точки пересечения сепарационной характеристики с горизонталью, проведённой через ординату 0,5 д. ед.

Среднее вероятное отклонение E_{pm} указывает на степень несовершенства аппарата и вычисляется по формуле

$$E_{pm} = |\xi_{0,75} - \xi_{0,25}|/2,$$

где $\xi_{0,75}$, $\xi_{0,25}$ – значение признака разделения, при которых вероятен переход в продукт 0,75 и 0,25 д. ед. частиц соответственно.

Уменьшение величины E_{pm} говорит об увеличении крутизны сепарационной характеристики и стремлении вида сепарационной характеристики к идеальному – ступенчатому виду. Совершенствование аппарата направлено на повышение крутизны сепарационной характеристики. Крутизна может быть увеличена также при снижении нагрузки на аппарат.

Лабораторная работа № 1.

Экспериментальное получение сепарационной характеристики грохота

Опытным путем получить сепарационную характеристику грохота, проанализировать ее особенности. Проанализировать, как влияет нагрузка на грохот на параметры сепарационной характеристики.

Элементы теории и ход выполнения

Для грохота признаком разделения является крупность частиц, граница разделения может быть изменена заменой сетки с разными размерами отверстий, а КПД грохота и вид его сепарационной характеристики зависят во многом от нагрузки на грохот. В данном

случае фракционный состав определяется гранулометрической характеристикой материала.

Для вычисления сепарационной характеристики грохота необходимо отобрать пробы подрешётного и надрешётного продуктов (в опыте пробами являются подрешётный и надрешётный продукты полностью) либо пробу исходного материала и одного из продуктов, например, надрешётного. Кроме того, в ходе эксперимента надо определить выходы продуктов разделения по соотношению их масс и массы исходного продукта. Отобранные пробы необходимо направить на ситовый анализ, который можно выполнить вручную или с применением ситового анализатора.

Рекомендуемые параметры опытов: масса исходной навески 5-10 кг, размер отверстий сита грохота 3 мм. Производительность грохота настраивается по указанию преподавателя. Рекомендуемые для ситового анализа размеры отверстий сит приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Определение сепарационной характеристики грохота при различных производительностях

Класс крупности, мм	Подрешётный продукт		Надрешётный продукт		Исходный продукт		Сепарационные характеристики, д. ед.	
	масса, кг	выход, %	масса, кг	выход, %	масса, кг	выход, %	по надрешётному	по подрешётному
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Опыт 1, Q_1, т/ч</i>								
$-d_1+d_2$								
$-d_2+d_3$								
...								
$-d_n+0$								
Итого:	M_{Π}	100	M_{Π}	100	M_{Π}	100	-	-
<i>Опыт 2, Q_2, т/ч</i>								
...								
Итого:	M_{Π}	100	M_{Π}	100	M_{Π}	100	-	-
<i>Опыт 3, Q_3, т/ч</i>								
...								
Итого:	M_{Π}	100	M_{Π}	100	M_{Π}	100	-	-

Столбцы 2-7 заполняются по результатам эксперимента, а столбцы 8-9 рассчитываются по формулам

$$\varepsilon_{\text{H}}(d_i) = [\gamma_{\text{H}}(d_i) \gamma_{\text{H}}^{\text{И}}] / \gamma_{\text{И}}(d_i), \quad (1.1)$$

$$\varepsilon_{\text{П}}(d_i) = [\gamma_{\text{H}}(d_i) \gamma_{\text{П}}^{\text{И}}] / \gamma_{\text{И}}(d_i)$$

или

$$\varepsilon_{\text{H}}(d_i) = M_{\text{Hi}} / [M_{\text{Hi}} + M_{\text{Пи}}] = M_{\text{Hi}} / M_{\text{Иi}} \quad (1.2)$$

$$\varepsilon_{\text{П}}(d_i) = M_{\text{Пи}} / [M_{\text{Hi}} + M_{\text{Пи}}] = M_{\text{Пи}} / M_{\text{Иi}}$$

где d_i – среднее значение крупности i -го класса крупности; $\gamma_{\text{П}}(d_i)$, $\gamma_{\text{H}}(d_i)$, $\gamma_{\text{И}}(d_i)$ – выходы i -го класса крупности соответственно подрешётного, надрешётного и исходного продуктов (определяют экспериментально по отобраным пробам подрешётного и надрешётного продуктов – столбцы 3, 5, таблица 1.1); $M_{\text{Пи}}$, M_{Hi} , $M_{\text{Иi}}$ – массы i -ых фракций соответственно в подрешётном, надрешётном и исходном продуктах; $\gamma_{\text{H}}^{\text{И}}$, $\gamma_{\text{П}}^{\text{И}}$ – выходы надрешётного и подрешётного продуктов по отношению к исходному (определяются по результатам взвешивания исходного, надрешётного и подрешётного продуктов), д. ед., рассчитывается по формулам

$$\gamma_{\text{H}}^{\text{И}} = (M_{\text{H}} / M_{\text{И}}) 100 \%; \quad \gamma_{\text{П}}^{\text{И}} = (M_{\text{П}} / M_{\text{И}}) 100 \%. \quad (1.3)$$

В ходе экспериментов производительность грохота меняется (устанавливается) не менее трёх раз. Производительность грохота в каждом эксперименте рассчитывают по формуле, т/ч

$$Q_j = 3,6 \cdot M_j / t_j,$$

где M_j – масса навески в j -ом опыте, кг; t_j – время прохождения материала по просеивающей поверхности грохота, с.

По данным таблицы 1.1 следует построить сепарационные характеристики грохотов $\varepsilon_{\text{П}}(d)$ и $\varepsilon_{\text{H}}(d)$ при различных производительностях грохота, проанализировать их вид, сравнить значения граничной крупности разделения и размера отверстий сита грохота и объяснить причину их несовпадения, отметить на графике зону, соответствующую «трудным» зёрнам.

Сопоставить сепарационные характеристики и их показатели при разной производительности между собой. Сделать вывод о влиянии производительности на сепарационную характеристику.

Лабораторная работа № 2.

Экспериментальное получение фракционных характеристик угля и сепарационных характеристик отсадочной машины

По полученным в ходе лабораторных опытов фракционным характеристикам продуктов определить достигнутые технологические показатели (выходы, зольности), фактические граничные плотности разделения в каждом отделении отсадочной машины. Построить кривые обогатимости для исходного угля и по ним для тех же зольностей концентрата и породы, что и при реальном разделении на отсадочной машине, определить выходы продуктов. Объяснить различия в прогнозе и эксперименте, построить сепарационные характеристики. Зольность фракций принять по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Зольность фракций для различных вариантов задания, %

Граничные значения плотности фракций, кг/м³	Первая цифра варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1200-1300	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	3,3	5,9
1300-1400	11,7	12,0	13,6	14,8	10,3	11,1	12,8	15,7	14,2	13,5
1400-1500	21,0	22,0	23,0	34,0	25,0	20,0	22,5	23,5	24,5	31,5
1500-1600	35,0	46,0	37,0	48,0	39,0	45,5	36,5	47,5	38,5	39,5
1600-1700	57,0	66,0	55,0	54,0	53,0	52,0	61,0	60,0	58,0	59,0
1700-3000	75,0	86,0	78,0	79,0	80,0	81,0	90,0	83,0	84,0	80,0

Элементы теории и ход выполнения

Работа может быть разбита на два этапа: первый – лабораторные эксперименты на отсадочной машине и фракционный анализ продуктов, второй – аналитический, включающий расчет характеристик, сопоставление возможных показателей обогащения данного сырья на идеальном сепараторе с реальными показателями, полученными в ходе работы на отсадочной машине, объяснения результатов, исходя из анализа сепарационных характеристик.

Эксперименты на поршневой отсадочной машине проводятся при установленных преподавателем положениях разгрузочных шибров. Лабораторные условия проведения экспериментов позволяют избежать ряда погрешностей, связанных с опробованием и анализом

пробы, а не всего продукта.

Все конечные продукты отсадки (концентрат, промпродукт, порода) необходимо проанализировать, по ним будет сформирована (рассчитана) фракционная характеристика исходного угля. Благодаря такому приёму, исключающему невязки в расчётах, будут более точно построены и сепарационные характеристики.

В промышленных условиях продукты могут быть представлены лишь пробами (частью продуктов), что не позволит получить такие же точные результаты. Пример расчёта фракционных характеристик приведён в таблице 2.2.

Напомним принципиальную схему разделения в отсадочной машине, это прояснит в дальнейшем особенности расчёта сепарационных характеристик по отдельным продуктам (рисунок 2.1).

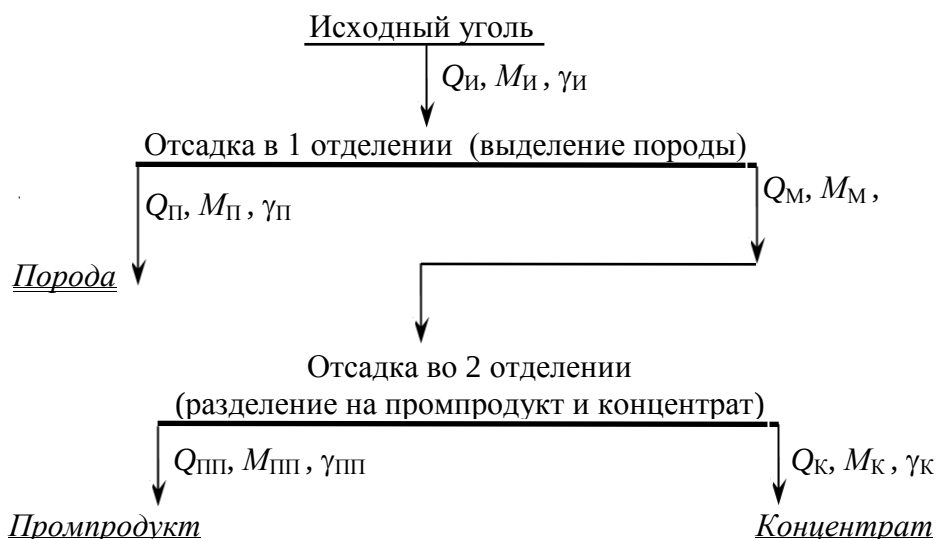


Рисунок 2.1 – Схема обогащения угля в отсадочной машине

Исходными данными являются столбцы 2, 4, 8. Остальные рассчитаны по алгоритмам $(6)=(2)+(4)$, $(10)=(2)+(4)+(8)$ или $(10)=(6)+(8)$. Отметим использованное здесь и широко применяемое в практических расчётах предположение о постоянстве α -функции для исходного угля и всех полученных продуктов разделения. В данном случае $A^d(\rho)$ едина для одинаковых фракций всех продуктов.

Таблица 2.2 – Пример расчёта фракционных характеристик конечных продуктов и исходного угля

Фракции, кг/м ³	Концентрат		Промпродукт		Питание 2-го отделения отсадочной машины		Порода		Исходный уголь		
	<i>M_к</i> , кг	<i>γ_к</i> , %	<i>M_{пп}</i> , кг	<i>γ_{пп}</i> , %	<i>M_м</i> , кг	<i>γ_м</i> , %	<i>M_п</i> , кг	<i>γ_п</i> , %	<i>M_и</i> , кг	<i>γ_и</i> , %	<i>A^d</i> , %
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1200-1300	36	72	0	0	36	51,4	0	0	36	32,7	5
1300-1400	7	14	0	0	7	10	0	0	7	6,4	10
1400-1500	5	10	3	15	8	11,4	0	0	8	7,3	20
1500-1600	1	2	10	50	11	15,7	0	0	11	10,0	30
1600-1700	1	2	5	25	6	8,6	5	12,5	11	10,0	50
1700-3000	0	0	2	10	2	2,9	35	87,5	37	33,6	80
Итого:	50	100	20	100	70	100	40	100	110	100	38,62

Проведя опыт на отсадочной машине (20-30 кг угля), получим три продукта, каждый подвергнем фракционному анализу, рассчитаем фракционные характеристики каждого конечного продукта, а по ним – и исходного угля (таблица 2.2). Определим выходы фракций, %:

$$\gamma_i = (M_i/M) \cdot 100; \quad (2.1)$$

где γ_i – выход i -й фракции, %; M_i , M – массы соответственно i -й фракции продукта и продукта в целом, кг.

По данным таблицы 2.2 составим таблицу 2.3, где приведём реальные показатели, полученные в ходе лабораторного эксперимента. Выход продуктов найдём по формулам (например, для концентрата), %:

$$\gamma_K = (M_K/M) \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

где M_K , M – соответственно массы концентрата и исходного угля.

Таблица 2.3 – Результаты разделения угля на отсадочной машине

Продукт	Масса, кг	Выход, %	Зольность, %
Концентрат	50	45,46	8,60
Промпродукт	20	18,18	38,50
Итого:	70	63,64	17,14
Порода	40	36,36	76,25
Исходный уголь	110	100,00	38,62

Зольность по продуктам рассчитана как средневзвешенное значение зольностей фракций, %:

$$A^d = \sum_{i=1}^n (\gamma_j A_i^d) / \sum_{i=1}^n \gamma_i, \quad (2.3)$$

где i – индекс i -ой фракции.

Так, для концентрата

$$A_{K}^d = \frac{72 \cdot 5 + 14 \cdot 10 + 10 \cdot 20 + 2 \cdot 30 + 2 \cdot 50 + 0 \cdot 80}{72 + 14 + 10 + 2 + 2 + 0} = \frac{860}{100} = 8,60 \, \%.$$

Для остальных продуктов зольность определяют аналогично.

Таким образом, при реальном разделении получены следующие показатели: для концентрата: выход – 45,46 %, зольность – 8,60 %; для промпродукта: выход – 18,18 %; зольность – 38,50 %; для породы: выход – 36,36 %; зольность – 76,25 %.

Чтобы оценить, насколько хорошо проведено обогащение в

конкретном опыте на конкретном аппарате при конкретных настройках, надо сопоставить эти показатели с теми, какие можно получить в пределе гравитационным методом, обогащая данный уголь данной крупности (т. е. без дополнительного раскрытия). Для этого требуется построить кривые обогатимости. Перед построением кривых рассчитаем их в таблице 2.4 для исходного угля, используя столбцы **11**, **12** (таблица 2.2).

Таблица 2.4 – Расчёт кривых обогатимости

Фракция, кг/м ³	Элементарные фракции, %		Всплывшие (концентрат), %		Потонувшие (хвосты), %	
	выход	зольность	выход	зольность	выход	зольность
<1300	32,7	5	32,7	5	100,0	38,62
1300-1400	6,4	10	39,1	5,8	67,3	54,9
1400-1500	7,3	20	46,4	8,0	60,9	59,7
1500-1600	10,0	30	56,4	11,9	53,6	65,1
1600-1700	10,0	50	66,4	17,7	43,6	73,1
>1700	33,6	80	100,0	38,62	33,6	80,0
Итого:	100,0	38,62	-	-	-	-

Кривые обогатимости строятся по известным методикам по результатам таблицы 2.4. Далее сравним результаты опыта на отсадочной машине с идеальными, полученными по кривым обогатимости. По кривым для тех же зольностей $A_K^d=12,3\%$, $A_{II}^d=76,25\%$ можно определить плотности разделения, γ_K , γ_{II} , а затем рассчитать γ_{III} и A_{III}^d , используя уравнения баланса:

$$\gamma_K + \gamma_{II} + \gamma_{III} = 100; \quad (2.4)$$

$$\gamma_K \cdot A_K^d + \gamma_{II} \cdot A_{II}^d + \gamma_{III} \cdot A_{III}^d = A_{И}^d \cdot 100, \quad (2.5)$$

где неизвестны в двух уравнениях γ_{III} , A_{III}^d .

Сепарационные характеристики – это зависимости извлечения фракций в продукты от среднего значения признака разделения во фракциях, их можно определить по однотипным формулам, %:

$$\begin{aligned} \varepsilon_K(\rho_i) &= \frac{M_K(\rho_i)}{M_{И}(\rho_i)} \cdot 100; \\ \varepsilon_{II}(\rho_i) &= \frac{M_{II}(\rho_i)}{M_{И}(\rho_i)} \cdot 100; \\ \varepsilon_{III}(\rho_i) &= \frac{M_{III}(\rho_i)}{M_{И}(\rho_i)} \cdot 100. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Поскольку сепарационные характеристики связаны балансовыми соотношениями, для конечных продуктов схемы (рисунок 2.1) можно записать, %:

$$\varepsilon_K(\rho_i) + \varepsilon_{II}(\rho_i) + \varepsilon_{III}(\rho_i) = 100 \quad (2.7)$$

или для операций

$$\varepsilon_K(\rho_i) + \varepsilon_{III}(\rho_i) = \varepsilon_M(\rho_i); \quad (2.8)$$

$$\varepsilon_M(\rho_i) + \varepsilon_{II}(\rho_i) = 100. \quad (2.9)$$

Вычислив сепарационные характеристики по каналам концентрата $\varepsilon_K(\rho)$ и породы $\varepsilon_{II}(\rho)$, по балансу можно определить оставшиеся $\varepsilon_{III}(\rho)$, $\varepsilon_M(\rho)$. Если сепарационную характеристику по промпродукту относить к исходному, то она будет иметь колоколообразный вид, если же её отнести к питанию операции (т. е. к питанию 2-го отделения отсадочной машины), она примет привычный вид. Составим таблицу 2.5 для расчёта сепарационной характеристики.

Таблица 2.5 – Расчёт сепарационных характеристик для схемы (рисунок 2.1), %

Фракция, кг/м ³		К исходному				К питанию 2-го отделения отсадочной машины	
интервал	среднее значение	$\varepsilon_K(\rho)$	$\varepsilon_{II}(\rho)$	$\varepsilon_{III}(\rho)$	$\varepsilon_{Mc}(\rho)$	$\varepsilon_K^M(\rho)$	$\varepsilon_{III}^M(\rho)$
1200-1300	1250	100,0	0	0	100,00	100,0	0
1300-1400	1350	100,0	0	0	100,00	100,0	0
1400-1500	1450	62,5	0	37,50	100,00	62,5	37,5
1500-1600	1550	9,1	0	90,90	100,00	9,1	90,9
1600-1700	1650	9,1	45,45	45,45	54,55	16,7	83,3
1700-3000	2350	0	94,60	5,40	5,41	0	100,0

По результатам расчётов не составляет труда построить графики сепарационных характеристик, на одном рисунке по отношению к исходному, на другом – по отношению к питанию 2-го отделения отсадочной машины.

Анализируя результаты расчётов, можно объяснить более высокие технологические показатели, полученные по кривым обогатимости, где предполагается использование идеального сепаратора, чем на реальной отсадочной машине. В частности, в данном опыте можно прийти к выводу, что неэффективно выполнен второй приём разделения с получением концентрата и промпродукта.

Лабораторная работа № 3.

Экспериментальное изучение изменения сепарационных характеристик магнитного сепаратора при изменении напряжённости магнитного поля

Рассчитать и построить фракционные характеристики продуктов и сепарационную характеристику магнитного сепаратора с электромагнитной системой. Проанализировать, как влияет на вид сепарационной характеристики (на границу и величину $E_{рт}$) изменение производительности и напряжённости магнитного поля в зоне разделения.

Элементы теории и ход выполнения

Фракционные и сепарационные характеристики – функции признака разделения. Однако не всегда разделение на фракции можно провести непосредственно по граничному значению признака. Зачастую его нельзя с достаточной точностью измерить и настроить. В таких случаях используют некий регулируемый параметр сепаратора, коррелированный с признаком разделения. Поскольку для прогноза и анализа нет необходимости осуществлять перевод значения регулировочного параметра в значение признака разделения, да и не всегда это возможно, формально регулировочный параметр отождествляют с признаком разделения. Тогда фракционные и сепарационные характеристики становятся функциями регулировочного параметра. Однако надо всегда помнить, каков истинный признак разделения, как и почему он связан с регулировочным параметром. Таким примером является магнитная восприимчивость вещества, которую трудно измерить.

Чтобы изменить границу разделения магнитного сепаратора, нужно изменить напряжённость магнитного поля в зоне сепарации. Это достигается перемещением зоны разделения относительно магнитной системы, либо (при электромагнитной системе) изменением тока, протекающего через катушку. В последнем случае регулировочным параметром, связанным с граничным значением признака разделения – удельной магнитной восприимчивостью является сила тока, протекающего через катушку электромагнитной системы магнитного сепаратора.

Проведение работы основано ещё на одном предположении. Считается, что при очень малой производительности сепаратора,

(это достигается за счёт снижения скорости подачи материала), можно избежать взаимных соударений частиц, т. е. провести разделение в свободных условиях. Таким образом, удаётся работу аппарата перевести в режим идеального сепаратора со ступенчатой сепарационной характеристикой. Сепаратор из обогащательного аппарата превращается в анализатор, с помощью которого можно разделить материал на фракции. В данной работе один и тот же сепаратор используется и как обогащательный аппарат, и как анализатор.

Режим обогащения соответствует производительности, близкой к номинальной в пределах технической характеристики сепаратора. В таком режиме его сепарационная характеристика отличается от ступенчатой, причём, чем выше производительность, тем сильнее отклонения.

Одной из задач данной работы является установление влияния производительности аппарата на вид сепарационной характеристики. Для этого ставятся два опыта с одной и той же рудой при одинаковых настройках магнитного сепаратора с электромагнитной системой (производительность и силу тока указывает преподаватель в ходе выполнения работы). Навески для отдельных опытов получают после перемешивания сокращением на желобчатом делителе единой пробы руды. Полученные магнитный и немагнитный продукт взвешиваются. Затем каждый продукт анализируется на том же сепараторе, но при минимальной производительности.

Часто масса полученного продукта слишком велика для анализа. Поэтому от продукта принято отбирать пробу (то есть часть материала) и на них выполнять фракционирование. Тогда при расчёте сепарационных характеристик массы фракций в пробах продуктов необходимо пересчитать на массы этих фракций в самих продуктах.

В работе рассмотрены оба варианта расчёта.

Каждая из проб при последовательном изменении (увеличении) силы тока фракционируется, предпочтительным является повторное разделение немагнитного продукта с постоянным увеличением силы тока, т. е. в готовые фракции выделять магнитные продукты фракционирования.

Если поставить ещё один опыт, не меняя производительность, изменив лишь силу тока, протекающего через катушку магнитного сепаратора, можно добиться перемещения границы разделения. Методика этого опыта совершенно такая же.

В таблице 3.1 приведён пример записи результатов опытов по

обогащению одной и той же руды при различных режимах по силе тока и производительности.

Таблица 3.1 – Пример результатов обогащения одной и той же руды при различных настройках магнитного сепаратора

Продукт	$I_1=1$ А	$I_2=3$ А	$I_3=5$ А
	масса, г	масса, г	масса, г
магнитный	420,5	446,5	618,0
немагнитный	579,5	553,5	382,0
исходный	1000,0	1000,0	1000,0

В таблице 3.2 приведены результаты фракционирования продуктов для опыта $I_3=5$ А и расчёт сепарационной характеристики, полученных условий этого опыта.

Таблица 3.2 – Пример расчёта сепарационной характеристики сепаратора (по результатам анализа в режиме идеального сепаратора)

Фракция, ΔI , А		Условия опыта: $I_3=5$ А				
		Масса продукта, г			Извлечение, д. ед.	
		М	Н	И	$\epsilon_M(I_i)$	$\epsilon_N(I_i)$
		(магнитного)	(немагнитного)	(исходного)		
<0,05 (м. фр.)	m_i	5,88	0,00	3,64	1,0000	0,0000
	M_i	18,2	0,00	18,20		
0,05-0,1 (м. фр.)	m_i	23,53	0,00	14,54	1,0000	0,0000
	M_i	72,70	0,00	72,7		
0,1-0,2 (м. фр.)	m_i	28,43	1,60	18,18	0,9663	0,0337
	M_i	87,84	3,06	90,90		
0,2-0,5 (м. фр.)	m_i	41,18	4,80	27,28	0,9328	0,0672
	M_i	127,23	9,17	136,40		
0,5-1 (м. фр.)	m_i	52,41	10,40	36,36	0,8908	0,1092
	M_i	161,94	19,86	181,8		
1-2 (м. фр.)	m_i	34,38	15,80	27,28	0,7787	0,2213
	M_i	106,22	30,18	136,40		
2-5 (м. фр.)	m_i	10,62	78,00	36,36	0,1805	0,8195
	M_i	32,82	148,98	181,8		
>5 (5-10) (нм. фр.)	m_i	3,57	89,40	36,36	0,0608	0,9392
	M_i	11,05	170,75	181,80		
Итого:	m	200,00	200,00	200,00	—	—
	M	618,00	382,00	1000,0		

В таблице 3.2 приняты следующие условные обозначения:
м. фр., – магнитная фракция, нм. фр., – немагнитная фракция;

M_i – масса i -й фракции в продукте, от которого отобрана проба в исходном материале;

m_i – масса i -ой фракции в пробе, отобранной от продукта;

M – масса продукта, от которого отобрана проба;

m – масса пробы от продукта;

$M_j = m_j / (m/M)$.

Сепарационные характеристики могут быть рассчитаны по фракциям по формулам:

$$\varepsilon_M(I_i) = \frac{M_M(I_i)}{M_M(I_i) + M_H(I_i)} = \frac{M_M(I_i)}{M_{И}(I_i)}$$

или

$$\varepsilon_H(I_i) = \frac{M_H(I_i)}{M_M(I_i) + M_H(I_i)} = \frac{M_H(I_i)}{M_{И}(I_i)}, \quad (3.1)$$

где $M_M(I_i)$, $M_H(I_i)$, $M_{И}(I_i)$ – массы i -ой фракции, соответственно, в пробах магнитного, немагнитного и исходного продуктов (отнесенные к пробе).

На рисунке 3.1 построены сепарационные характеристики аппарата и на примере одной из них даны пояснения по определению границы разделения и величины $E_{рт}$, определяющей качество (крутизну) сепарационной характеристики.

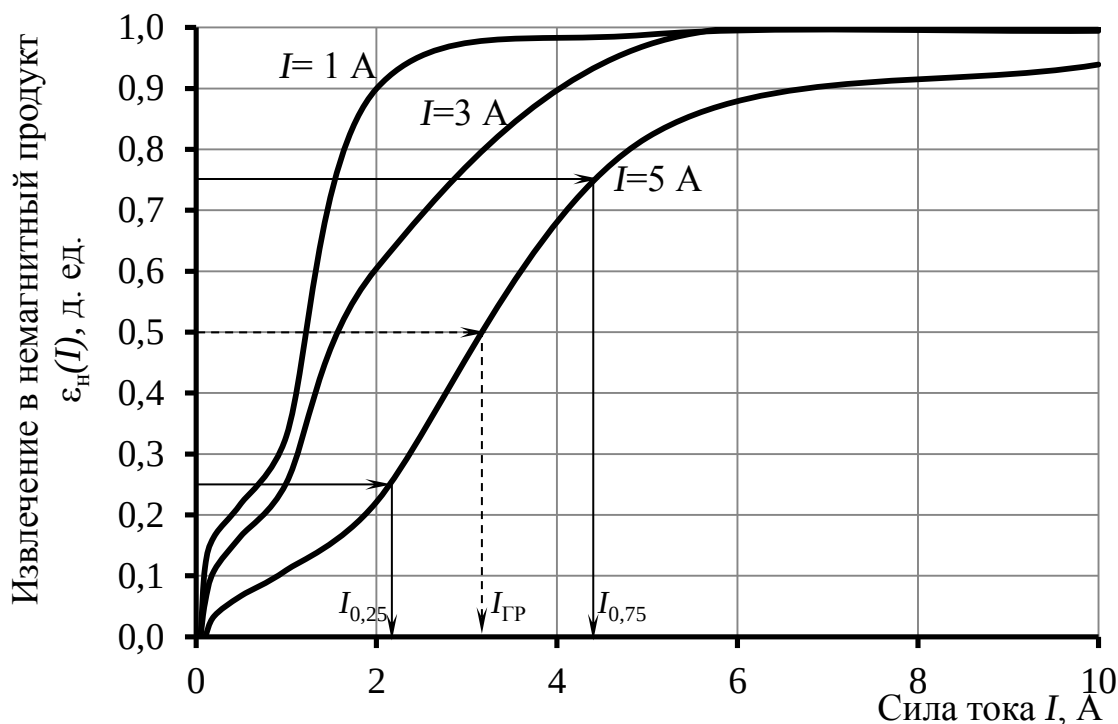


Рисунок 3.1 – Сепарационные характеристики магнитного сепаратора при разных режимах

Следует напомнить, что E_{pm} (среднее вероятное отклонение) можно найти по формуле:

$$E_{pm} = |I_{0,75} - I_{0,25}|/2, \quad (3.2)$$

где $I_{0,75}$, $I_{0,25}$ – значения силы тока, при которых вероятен переход в продукт 0,75 и 0,25 д. ед. частиц.

Для сопоставления E_{pm} целесообразно перевести в относительные значения:

$$E_{pm}^{отн} = E_{pm}/I_{ГР}, \quad (3.3)$$

где $I_{ГР}$ – граничное значение силы тока

Граница по характеристике (фактически полученная) может не совпадать с границей настройки.

Получив значения E_{pm} , $I_{ГР}$ для различных режимов сепарации, необходимо сделать соответствующие выводы.

Фракционные характеристики исходного, а также полученных магнитных и немагнитных продуктов построить самостоятельно по аналогии с предыдущей работой, для этого нужно воспользоваться столбцами выходов таблицы 3.2, разделив каждое фракционное значение выхода на ширину интервала признака разделения. В итоге получаются значения плотности распределения вероятности материала по фракциям $w(I)$. Исходные характеристики представить в виде гистограмм или сглаженных кривых (полигонов).

Сопоставив вид фракционных характеристик между собой, сделать вывод о преобладании тех или иных фракций в продуктах.

Лабораторная работа № 4.

Экспериментальное определение сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора

Экспериментально получить сепарационную характеристику лабораторного рентгенорадиометрического сепаратора СРФ-100Л.

Элементы теории и ход выполнения

Сепарационная характеристика аппарата позволяет судить о потенциальном качестве разделения сырья на данном аппарате. Сепарационная характеристика – это зависимость извлечения фракции в продукт разделения от среднего значения признака разделения фракций.

Сепарационные характеристики аппаратов, разделяющих по информационным признакам, имеют особенности, связанные с вероятностным характером прохождения разделяемых частиц через зону измерения. Это особо проявляется в сепараторах с односторонним «осмотром». К такому виду сепараторов относятся рентгенорадиометрические (рентгенофлуоресцентные) сепараторы.

Поскольку однократного измерения значения аналитического параметра при вероятностном характере прохождения для толкования его как признака разделения недостаточно, в дальнейшем будем полагать признаком разделения куска среднее значение аналитического параметра, определённое по нескольким измерениям при динамических (или статических с последующим переходом к динамическим) условиях. Поэтому первым этапом данной работы должно быть экспериментальное разделение пробы на сепараторе, вторым – измерение признака разделения кусков полученных продуктов (концентрата и хвостов), третьим – расчёт сепарационной характеристики.

Работа выполняется в следующем порядке:

1. Произвести отбор пробы руды (100 кусков) крупностью -100+50 или -50+25 мм. Все куски пронумеровать и взвесить.

2. Выбрать формулу аналитического параметра на основе анализа рентгеновских спектров богатых и бедных кусков пробы.

3. Пропустить общую пробу через рентгенорадиометрический сепаратор, настроенный на высокую производительность, установив рекомендованные преподавателем значения границы разделения. Опыты провести с получением концентрата и хвостов (в режиме удаления богатых кусков).

4. С каждого куска концентрата и хвостов снять пять значений аналитического параметра или в статическом, или в динамическом режиме, рассчитать среднее значение.

5. Заполнить таблицу 4.1, располагая куски концентрата в порядке возрастания среднего значения аналитического параметра.

В эту же таблицу занести результаты их взвешивания и расчётов значений аналитического параметра. Аналогично провести измерения для хвостов.

6. Определить усреднённые минимальное и максимальное значения аналитического параметра среди всех кусков обоих продуктов. Разбить данный диапазон на 10 интервалов с девятью промежуточными границами (ширина интервалов может быть различной). Границы фракций по концентрату и по хвостам должны быть одинаковыми.

Число фракций может быть изменено преподавателем.

Таблица 4.1 – Реестр кусков концентрата и хвостов

Номер куска	Масса куска, кг	Значение аналитического параметра в отдельном измерении					Среднее значение аналитического параметра
		1	2	3	4	5	
Концентрат							
...	...	...	...	...	...		...
...	...	...	...	...	...		...
Хвосты							
...	...	...	...	...	...		...
...	...	...	...	...	...		...

7. Все обмеренные куски обоих продуктов распределить по десяти введённым фракциям. При малом количестве кусков в отдельных фракциях их можно объединять с соседними, расширяя границы, тогда число фракций уменьшится. Результаты занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Расчёт сепарационной характеристики

Номер фракции	1	2	3	...	9	10
Границы фракции, отн. ед.						
Среднее значение аналитического параметра во фракции P_{icp} , отн. ед.						
Масса фракций концентрата, кг						
Масса фракций хвостов, кг						
Масса фракций исходной руды, кг						
Вероятность перехода в концентрат i -й фракции, E_{ki} , %						

8. Для исходной пробы найти суммарные массы фракций и массу самой исходной пробы по формулам:

$$M_{исх\ фр\ i} = M_{К\ фр\ i} + M_{Х\ фр\ i}; \quad (4.1)$$

$$M_{исх} = \sum M_{исх\ фр\ i}, \quad (4.2)$$

где i – порядковый номер фракции.

9. Определить выход концентрата, %:

$$\gamma_K = 100 \cdot M_K / M_{исх}. \quad (4.3)$$

10. Для каждой i -й фракции рассчитать вероятность перехода частиц в концентрат, %:

$$E_{ki} = 100 \cdot M_{К\ фр\ i} / M_{исх\ фр\ i} \quad (4.4)$$

и занести их в таблицу расчёта сепарационной характеристики рентгенорадиометрического сепаратора.

11. Построить сепарационную характеристику $E_K=f(P_{icp})$ по точкам E_{Ki} и P_{icp} , где P_{icp} – среднее значение аналитического параметра для i -й фракции, которое находят по максимальному и минимальному значениям аналитического параметра фракции (по границам фракции) $P_{icp} = (P_{imax} + P_{imin})/2$.

12. Определить по построенной характеристике границу разделения и величину среднего вероятного отклонения $E_{рт}$. Из анализа сепарационной характеристики определить границы зоны нечувствительности.

13. В отчёте привести результаты расчётов и график сепарационной характеристики. Сделать выводы о виде полученной сепарационной характеристики. Сопоставить настроенную перед разделением и фактически полученную границу разделения.

Лабораторная работа № 5.

Фракционирование руды на рентгенофлуоресцентном сепараторе с получением кривых разделения

Освоить методику фракционирования руды на лабораторном рентгенофлуоресцентном сепараторе СРФ-100Л, рассчитать и построить кривые разделения.

Элементы теории и ход выполнения

По результатам испытаний обогатимости руды на сепараторе можно осуществить прогноз потенциальных технологических показателей. Поскольку по однократно проведённому опыту невозможно правильно выбрать граничное значение признака разделения, целесообразно поставить несколько опытов с изменением границы разделения и разделением исходной пробы на фракции, например, с увеличением граничного значения признака при условии прямой связи между признаком и массовой долей компонента (схема приведена на рисунке 5.1).

1. Разделению предшествует определение по описанным ранее методикам формулы аналитического параметра, подходящего для данного вида сырья, и выбор вариантов граничных значений. Они могут корректироваться после проведения отдельных опытов.

2. Далее устанавливается первое значение границы разделения на компьютере сепаратора и проводится опыт с выделением наиболее

богатой фракции (обычно того продукта, предполагаемый выход которого меньше). Выделенная первая фракция выводится из процесса. Дальнейшие опыты проводятся с оставшимися продуктами. Так выделяется нужное число продуктов.

3. Каждый выделенный продукт взвешивают, дробят, сокращают, истирают и доводят до навески анализа. Массовая доля определяется химическим или рентгеноспектральным методом.

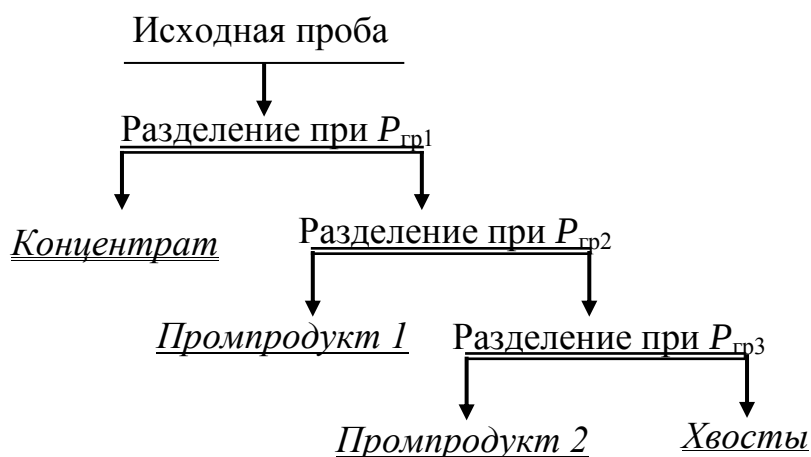


Рисунок 5.1 – Схема разделения исходной пробы на продукты (фракции)

4. В таблицу 5.1 вносят массы продуктов и массовые доли компонента в них, затем выполняют необходимые расчёты.

Таблица 5.1 – Результаты разделения пробы на несколько продуктов (фракций)

Граничное значение аналитического параметра	Продукт (фракция)	Элементарные продукты			Суммарный концентрат		Суммарные хвосты	
		масса, кг	выход, %	массовая доля, %	выход, %	массовая доля, %	выход, %	массовая доля, %
$P_{гр1}$	Концентрат						100	α
$P_{гр2}$	Промпродукт 1							
$P_{гр3}$	Промпродукт 2							
...	...							
$P_{грn}$	Хвосты				100	α		
	Итого	Σm_i	100	α	—	—	—	—

5. Анализируя технологические показатели разделения, определить, к каким продуктам (концентрату или хвостам) следует отнести промпродуктовые фракции. Если массовая доля компонентов в промпродуктах значительно отличается от массовой доли компонента в

концентрате или хвостах, его не следует присоединять ни к одному из них.

6. В отчёте необходимо привести схему разделения, таблицу результатов и построить кривые разделения $\gamma_K=(P_{гр})$; $\gamma_X=(P_{гр})$; $\beta=(P_{гр})$; $\vartheta=(P_{гр})$; $\varepsilon_K=(P_{гр})$; $\varepsilon_X=(P_{гр})$, далее следует сделать выводы о возможности разделения данного сырья рентгенофлуоресцентным методом с целью получения богатого концентрата или бедных хвостов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Тихонов О. Н.* Теория разделения минералов / О. Н. Тихонов. – Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2008. – 514 с.
2. *Цыпин Е. Ф.* Моделирование обогатительных процессов и схем: учебник / Е. Ф. Цыпин, [и др.] – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1996. – 368 с.

Учебное издание

Евгений Федорович Цыпин

Татьяна Юрьевна Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Лабораторный практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Редактор *И. А. Крестьянинова*

Компьютерная вёрстка: *Т. Ю. Овчинниковой*

Подписано в печать 23.05.2019 г.
Бумага писчая. Формат 60 × 84^{1/16}
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 1,44. Уч.-изд. л. 0,725. Тираж 100 экз. Заказ №39

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ



**Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский государственный
горный университет»**

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

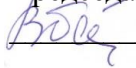
Практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Екатеринбург – 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горно-механического
факультета
«22» апреля 2019 г.

Председатель комиссии
 проф. В. П. Барановский

Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Практикум
по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации
«Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело»
всех форм обучения

Рецензент: *А. Е. Пелевин*, доктор технических наук,
профессор кафедры обогащения полезных ископаемых УГГУ.

Практикум рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Обогащение
полезных ископаемых» 17 апреля 2019 г. (протокол № 7)
и рекомендован для издания в УГГУ.

Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю.

Ц 96 Теория разделения минералов: практикум /Е. Ф. Цыпин, Т. Ю. Овчинникова;
Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 27 с.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой курса «Теория разделения минералов» и содержит элементы теории, примеры решения задач и варианты заданий для самостоятельной работы. Решение задач способствует освоению навыков расчёта и прогноза технологических показателей разделения по результатам фракционного анализа, расчёта и построения сепарационных характеристик аппаратов и схем, а также навыков составления принципиальных и оптимальных схем разделения.

Предназначено для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых» специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения.

© Цыпин Е. Ф., Овчинникова Т. Ю., 2019

© Уральский государственный
горный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ	4
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ	9
Задача № 1. Получение, расчёт и построение кривых обогатимости ...	9
Задача № 2. Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении.....	12
Задача № 3. Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата	14
Задача № 4. Расчёт и построение сепарационной характеристики аппарата по известным фракционным характеристикам продуктов...	15
Задача № 5. Сепарационная характеристика схемы	16
Задача № 6. Расчёт технологических показателей и построение схемы разделения для заданного двумерного фракционного состава.....	18
Задача № 7. Построение варианта оптимальной принципиальной схемы обогащения руды для заданного двумерного фракционного состава	20
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	22

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ФОРМУЛЫ

Определения основных технологических показателей разделения даны на примере операции разделения с двумя получаемыми продуктами (рисунок 1).

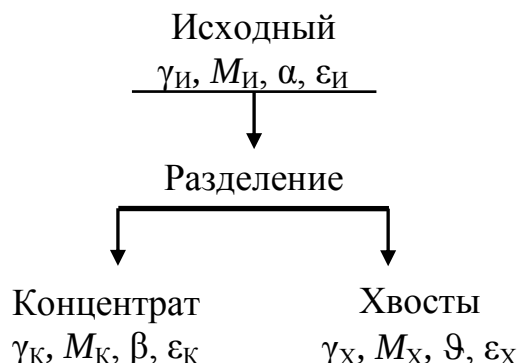


Рисунок 1 – К определению основных технологических показателей разделения

При разделении материала по ценному компоненту принято считать концентратами продукты, с большей массовой долей полезного компонента, а хвостами – с меньшей. В том случае, если оценка показателей обогащения ведётся по массовой доле вредной примеси, то концентратами считают продукты, с меньшим содержанием вредных примесей, а хвостами – с большей. Примером может служить обогащение углей, где малое содержание вредной примеси – золы, а, следовательно, и зольность продуктов меньше для концентратов и больше для хвостов.

Выход продукта (γ) – это отношение массы полученного продукта (концентрата – M_K или хвостов – M_X) к массе переработанного материала ($M_{И}$), выраженное в долях единицы или в процентах:

$$\gamma_K = \frac{M_K}{M_{И}}, \text{ д. ед.} \quad \gamma_K = \frac{M_K}{M_{И}} \cdot 100 \%; \quad (1)$$

$$\gamma_X = \frac{M_X}{M_{И}}, \text{ д. ед.} \quad \gamma_X = \frac{M_X}{M_{И}} \cdot 100 \%. \quad (2)$$

При фракционировании продуктов необходимо определять выход i -й фракции:

$$\gamma_i = m_i / \sum_{i=1}^n m_i, \text{ д. ед.} \quad \gamma_K = \left(m_i / \sum_{i=1}^n m_i \right) \cdot 100 \%; \quad (3)$$

где m_i – масса i -й фракции, всего фракций n .

Извлечение компонента в продукт (ϵ) – это отношение массы компонента в продукте к массе компонента в переработанном материале, выраженное в долях единицы или в процентах:

$$\epsilon_K = \frac{M_K \cdot \beta}{M_{II} \cdot \alpha}, \text{ д. ед.} \quad \epsilon_K = \frac{M_K \cdot \beta}{M_{II} \cdot \alpha} \cdot 100 \%; \quad (4)$$

$$\epsilon_X = \frac{M_X \cdot \vartheta}{M_{II} \cdot \alpha}, \text{ д. ед.} \quad \epsilon_X = \frac{M_X \cdot \vartheta}{M_{II} \cdot \alpha} \cdot 100 \%. \quad (5)$$

Уравнения баланса, вытекающие из закона сохранения массы, могут записываться для масс, выходов, количества компонента или извлечений:

$$\begin{aligned} M_K + M_X &= M_{II}; \\ \gamma_K + \gamma_X &= \gamma_{II}; \\ \gamma_K \cdot \beta + \gamma_X \cdot \vartheta &= \gamma_{II} \cdot \alpha; \\ \epsilon_K + \epsilon_X &= \epsilon_{II}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для обособленной операции или схемы в целом $\gamma_{II}=1$ д. ед. или 100 %; $\epsilon_{II}=1$ д. ед. или 100 %.

Для операции, являющейся частью схемы, различают выходы продуктов и извлечения компонентов в продукты в двух вариантах: первый – по отношению к питанию данной операции, тогда γ_{II} и ϵ_{II} равны 1 (рисунок 2); второй – по отношению к питанию схемы (сквозные), тогда $\gamma_{II_j}^I$ и $\epsilon_{II_j}^I$ могут быть не равны 1.

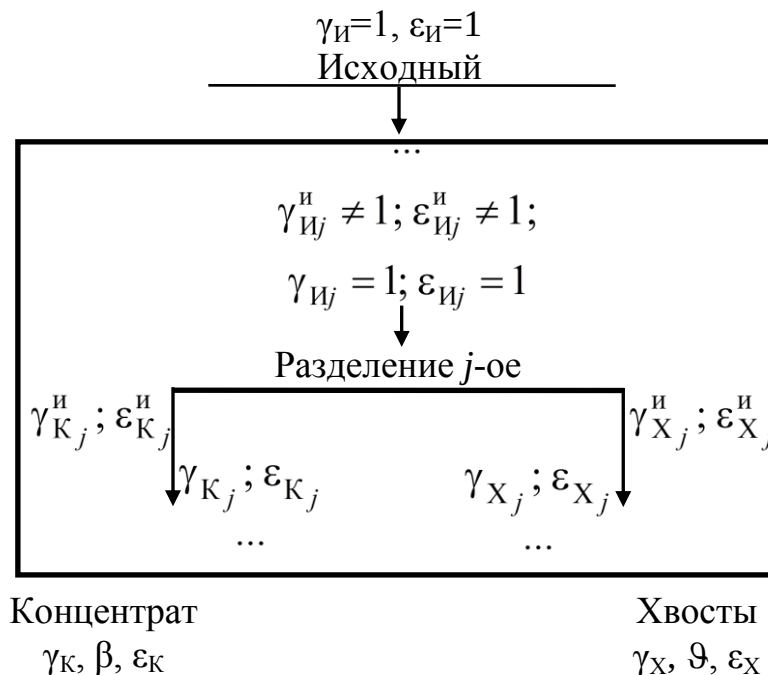


Рисунок 2 – К объяснению различий выхода и извлечения по отношению к питанию схемы и к питанию операции

Для схемы на рисунке 2 справедливы соотношения:

$$\gamma_{Kj}^{\text{и}} = \gamma_{Kj} \cdot \gamma_{Иj}^{\text{и}}; \quad \varepsilon_{Kj}^{\text{и}} = \varepsilon_{Kj} \cdot \varepsilon_{Иj}^{\text{и}},$$

где γ_{Kj} , ε_{Kj} – соответственно частные выход концентрата по отношению к питанию j -ой операции и извлечение компонента в концентрат по отношению к питанию j -й операции; $\gamma_{Иj}^{\text{и}}$, $\varepsilon_{Иj}^{\text{и}}$ – соответственно выход и извлечение для питания в j -й операции по отношению к питанию схемы; $\gamma_{Kj}^{\text{и}}$, $\varepsilon_{Kj}^{\text{и}}$ – соответственно выход и извлечение для концентрата по отношению к питанию схемы.

Для хвостов формулы аналогичны.

Фракция – это совокупность частиц, находящихся внутри максимального и минимального значений границ фракции. Частицы одной фракции близки по свойствам.

Плотность распределения – это функция, задающая вероятность существования частиц с различными значениями признака разделения (свойства) в данном материале.

Фракционный состав материала характеризуется частными выходами отдельных фракций γ_i с интервалом фракционирования $\Delta\xi_i$ или плотностью распределения частиц материала по свойству ξ (признаку разделения) – $w(\xi)$ и содержаниями компонента в отдельных фракциях $\alpha(\xi_{\text{ср}i})$ или $\alpha(\xi)$. Они связаны между собой следующими соотношениями:

для случая дискретного задания на i -м интервале:

$$\gamma_i = w(\xi_i) \cdot \Delta\xi_i;$$

для случая непрерывного задания:

$$d\gamma = w(\xi) d\xi.$$

При известных выходе и ширине интервала фракционирования плотность распределения может быть определена как, (у. ед.)⁻¹

$$w(\xi_i) = \frac{\gamma_i}{\Delta\xi_i} = m_i / \left(\left(\sum_{i=1}^n m_i \right) \cdot \Delta\xi_i \right).$$

α -, β -, ϑ -функции – это зависимости массовой доли компонента во фракции от среднего значения признака разделения фракции $\xi_{\text{ср}i}$ в исходном продукте, концентрате или хвостах.

Массовая доля компонента в материале (пробе, продукте) находится как средневзвешенная величина по отношению к содержаниям

и массам (выходам) отдельных i -х фракций:

$$\alpha = \left(\sum_{i=1}^n m_i \alpha_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n m_i \right) = \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i \alpha_i \right) / \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i \right) = \left(\int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} w_{\text{И}}(\xi) \alpha(\xi) d\xi \right) / \left(\int_{\xi_{\min}}^{\xi_{\max}} w_{\text{И}}(\xi) d\xi \right), \quad (7)$$

где i – порядковый номер фракции, всего их n ; $\xi_{\min}$, $\xi_{\max}$ – соответственно минимальное и максимальное значения признака разделения (свойства) в материале (пробе).

Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении

При идеальном разделении полагаем, что все частицы, имеющие значение признака разделения в пределах от минимального до граничного ($\xi_{\min} \div \xi_{\text{гр}}$) попадут в хвосты, а от граничного до максимального ($\xi_{\text{гр}} \div \xi_{\max}$) – в концентрат. Тогда, технологические показатели обогащения могут быть вычислены при известных средних значениях плотности распределения исходного материала на i -м интервале $w_{\text{И}}(\xi_i)$, α -функции и ширине интервала изменения признака – $\Delta\xi_i$.

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{И}} &= \gamma_{\text{К}} + \gamma_{\text{Х}}; \gamma_{\text{К}} = \sum_{i_{\text{гр}}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) \Delta\xi_i = \sum_{i_{\text{гр}}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i}; \gamma_{\text{Х}} = \sum_{i_{\min}}^{i_{\text{гр}}} w_{\text{И}}(\xi_i) \Delta\xi_i = \sum_{i_{\min}}^{i_{\text{гр}}} \gamma_{\text{И}i}; \\ \alpha &= \gamma_{\text{И}}^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) \alpha(\xi_i) \Delta\xi_i = \gamma_{\text{И}}^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i} \alpha_i; \\ \beta &= \gamma_{\text{К}}^{-1} \sum_{i_{\text{гр}}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) \alpha(\xi_i) \Delta\xi_i = \gamma_{\text{К}}^{-1} \sum_{i_{\text{гр}}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i} \alpha_i \text{ или } \beta = \left(\sum_{i_{\text{гр}}}^{i_{\max}} m_{\text{И}i} \alpha_i \right) / \left(\sum_{i_{\text{гр}}}^{i_{\max}} m_{\text{И}i} \right); \quad (8) \\ \vartheta &= \gamma_{\text{Х}}^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\text{гр}}} w_{\text{И}}(\xi_i) \alpha(\xi_i) \Delta\xi_i = \gamma_{\text{Х}}^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\text{гр}}} \gamma_{\text{И}i} \alpha_i \text{ или } \vartheta = \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\text{гр}}} m_{\text{И}i} \alpha_i \right) / \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\text{гр}}} m_{\text{И}i} \right). \end{aligned}$$

Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата

При реальном разделении неизбежно взаимозасорение продуктов из-за несовершенства аппарата. В этом случае результат разделения носит вероятностный характер. Несовершенство аппарата учитывается его сепарационной характеристикой.

Сепарационная характеристика $\varepsilon(\xi)$ – это преобразующая функция аппарата, характеризующая вероятность перехода той или иной фракции в продукты.

Эта характеристика применяется для количественного прогнозирования результатов обогащения и предсказания фракционного состава продуктов, задает вероятность **извлечения фракции** (извлечение не продукта, а фракции!) в продукт обогащения в зависимости от значения физического признака фракции.

Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата осуществляется по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 \gamma_K &= \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) \varepsilon_K(\xi_i) \Delta \xi_i = \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i} \varepsilon_K(\xi_i); \\
 \gamma_X &= \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) (1 - \varepsilon_K(\xi_i)) \Delta \xi_i = \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i} [1 - \varepsilon_K(\xi_i)]; \\
 \gamma_{\text{И}} &= \gamma_K + \gamma_X; \\
 \alpha &= \gamma_{\text{И}}^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) \alpha(\xi_i) \Delta \xi_i = \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i} \alpha_i; \\
 \beta &= \gamma_K^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) \varepsilon_K(\xi_i) \alpha(\xi_i) \Delta \xi_i = \gamma_K^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i} \alpha_i \varepsilon_K(\xi_i); \\
 \beta &= \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_i \alpha_i \varepsilon_K(\xi_i) \right) / \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_i \varepsilon_K(\xi_i) \right); \\
 \vartheta &= \gamma_X^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} w_{\text{И}}(\xi_i) (1 - \varepsilon_K(\xi_i)) \alpha(\xi_i) \Delta \xi_i = \gamma_X^{-1} \sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} \gamma_{\text{И}i} \alpha_i [1 - \varepsilon_K(\xi_i)]; \\
 \vartheta &= \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_i \alpha_i [1 - \varepsilon_K(\xi_i)] \right) / \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_i [1 - \varepsilon_K(\xi_i)] \right).
 \end{aligned} \tag{9}$$

Сепарационные характеристики по концентрату и хвостам связаны балансовым соотношением:

$$\varepsilon_K(\xi) + \varepsilon_X(\xi) = 1. \tag{10}$$

Сепарационная характеристика схемы

При теоретическом анализе обогащительных циклов вводят два типа схем – канонические и полуканонические. Канонические схемы характеризуются тем, что циркулирующий продукт направляется в «голову» предыдущей операции, в полуканонических схемах все циркулирующие продукты идут в «голову» основной операции. Для таких схем намного легче выводятся формулы сепарационных характеристик, при допущении о равенстве сепарационных характеристик во всех операциях схемы.

В общем виде для схемы, содержащей одну основную (О), n перечистных (П) и m контрольных операций (К), сепарационная характеристика по каналу концентрата для любой фракции может быть вычислена по формуле

$$\varepsilon_{КСХ} = \frac{\varepsilon_O \varepsilon_{\Pi}^n}{\varepsilon_O \varepsilon_{\Pi}^n + (1 - \varepsilon_O)(1 - \varepsilon_K)^m}, \quad (11)$$

а по каналу хвостов

$$\varepsilon_{ХСХ} = \frac{(1 - \varepsilon_O)(1 - \varepsilon_K)^m}{\varepsilon_O \varepsilon_{\Pi}^n + (1 - \varepsilon_O)(1 - \varepsilon_K)^m}. \quad (12)$$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 1. Получение, расчёт и построение кривых обогатимости

Рассчитать и построить кривые обогатимости. По кривым определить выходы концентрата и хвостов, массовые доли компонента в них, если граница разделения равна 1700 у. е.

Решение

Расчёт кривых обогатимости осуществляется в табличной форме (таблица 1). Порядок расчёта таков: сначала рассчитывают выходы фракций концентрата и хвостов, а также средневзвешенную массовую долю компонента в каждой из вновь образуемых объединённых фракций. При этом чаще всего продукт с большей массовой долей компонента является концентратом, а с меньшей – хвостами. Расчёт по концентрату ведётся, начиная с фракции с самой большой массовой долей компонента, а по хвостам – наоборот. Если компонент является вредной примесью, то концентратом следует считать

продукт с меньшей массовой долей компонента, тогда, при получении концентрата с минимизацией содержания вредных примесей, названия столбцов концентрата и хвостов меняют местами.

Таблица 1 – Результаты расчёта кривых обогатимости

Признак разделения, у. е.	Элементарные фракции		Концентрат, %		Хвосты, %	
	выход		выход	массовая доля	выход	массовая доля
	кг	%				
100-200	39	30	100	3,0	30	1,0
200-400	26	20	70	3,9	50	1,4
400-1000	13	10	50	4,6	60	1,7
1000-2000	26	20	40	5,0	80	2,3
2000-4000	26	20	20	6,0	100	3,0
Итого:	130	100	3,0	–	–	–

Когда с увеличением значения признака разделения массовая доля полезного компонента уменьшается, фракции по признаку разделения в таблице следует располагать в порядке убывания.

Пример расчёта выхода концентратной фракции:

$$\gamma_{1000-4000}^k = \gamma_{2000-4000}^3 + \gamma_{1000-2000}^3 = 20 + 20 = 40 \text{ \%}.$$

Пример расчёта массовой доли концентратной фракции:

$$\beta_{1000-4000}^k = (\gamma_{2000-4000}^3 \cdot \beta_{2000-4000}^3 + \gamma_{1000-2000}^3 \cdot \beta_{1000-2000}^3) / (\gamma_{2000-4000}^3 + \gamma_{1000-2000}^3) = (20 \cdot 6,0 + 20 \cdot 4,0) / (20 + 20) = 5,0 \text{ \%}.$$

где $\gamma_{1000-4000}^k$ – выход концентратной фракции в % для значения признака 1000-4000 у. е.; $\gamma_{2000-4000}^3, \gamma_{1000-2000}^3$ – выходы элементарных фракций, входящих в концентратную, %; $\beta_{1000-4000}^k$ – средневзвешенная массовая доля полезного компонента в % концентратной фракции для значения признака 1000-4000 у. е.; $\beta_{2000-4000}^3, \beta_{1000-2000}^3$ – массовые доли полезных компонентов соответствующих элементарных фракций, %.

Построение кривых обогатимости выполняется вручную на миллиметровой бумаге, либо с использованием специальных графических программ, например AutoCAD. Пример кривых обогатимости представлен на рисунке 3.

Кривых обогатимости – четыре: кривая элементарных фракций, λ ; кривая концентрата, β ; кривая хвостов, ϑ ; кривая признака разделения, ξ .

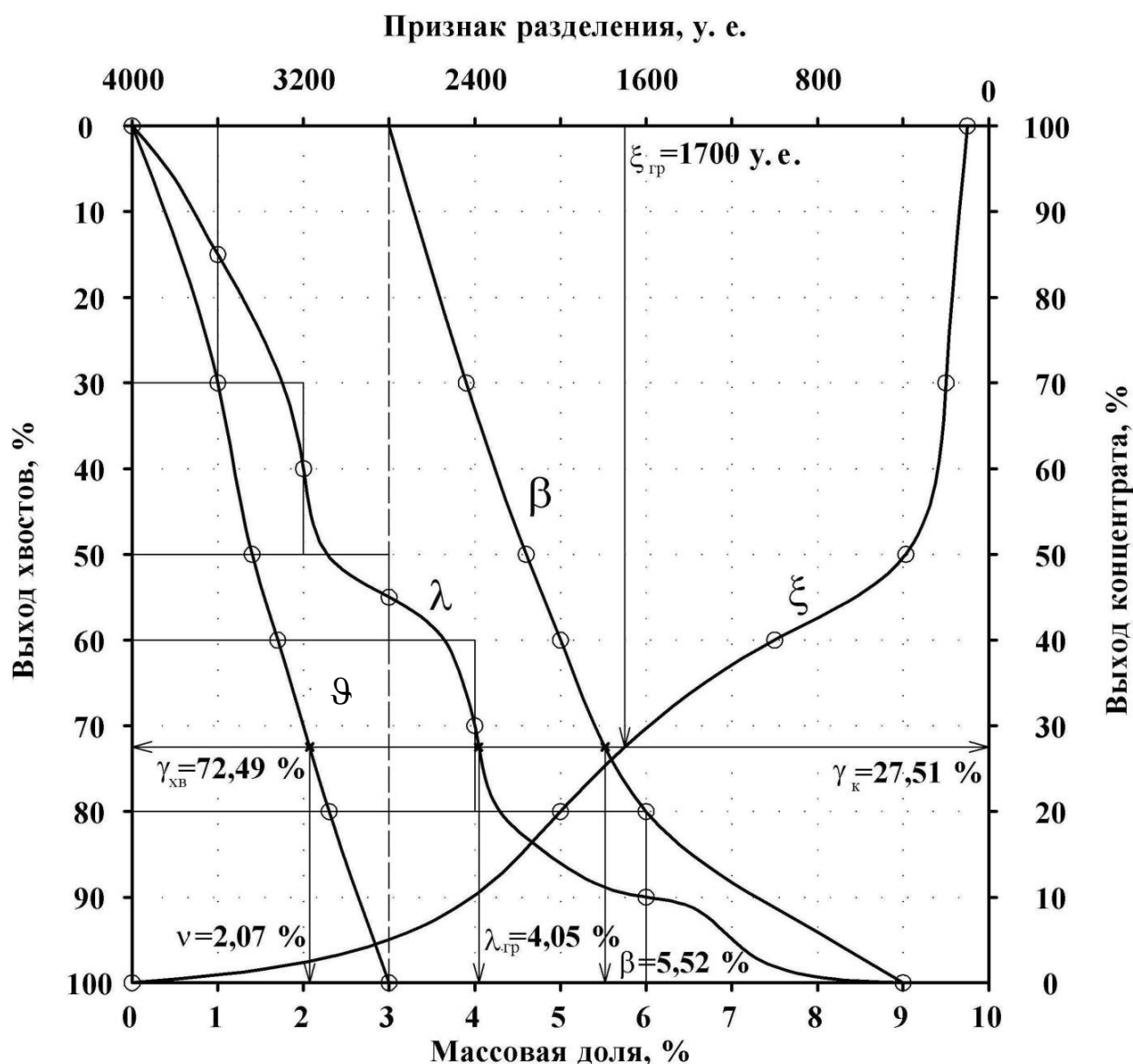


Рисунок 3 – Кривые обогатимости

При их построении необходимо помнить, что:

- конечная точка кривой v и начальная – кривой β должны лежать на прямой, параллельной оси ординат и проходящей через точку оси абсцисс, соответствующую средневзвешенной массовой доле в исходном материале (в нашем примере 3,0 %);

- начальные точки кривых ϑ и λ , а также конечные точки кривых β и λ должны совпадать. Они имеют абсциссы равные, соответственно, массовой доле полезного компонента у самых бедных и самых богатых частиц материала. Однако, если неизвестны минимальное и максимальное значения массовой доли полезного компонента в отдельных частицах, то следует принять максимальное значение равным массовой доле полезного компонента в минерале или $1,5\beta_{\max}$, если не известен минерал (в нашем примере 9 %), а минимальное

значение принять равным нулю;

– кривая λ проходит через точки с абсциссами, соответствующими массовой доле компонента в элементарных фракциях и с ординатами, соответствующими серединам вертикальных отрезков, описывающих выходы элементарных фракций и построенных как приращения выхода при переходе от бедной фракции к более богатой;

– площади треугольников, отсекаемых при построении кривой λ в пределах каждой фракции, должны быть равны. Треугольники образуются самой кривой λ , горизонталями, соответствующими выходам накопленных фракций (от бедных к богатым), и вертикалями, соответствующими массовой доле полезного компонента в элементарных фракциях.

По кривым обогатимости определяем выходы концентрата и хвостов, массовые доли полезного компонента в них, если граница разделения равна 1700 у. е. Для этого опускаем перпендикуляр из точки 1700 у. е. на оси «Признак разделения» до пересечения с кривой признака ξ . Ординаты точки пересечения по осям «Выход хвостов» и «Выход концентрата» будут являться выходом концентрата и хвостов. Если через данную точку пересечения провести горизонталь до кривых α и β , а затем из вновь образованных точек пересечения опустить перпендикуляры на ось «Массовая доля», то можно определить массовую долю полезного компонента в хвостах и концентрате.

Для условий данной задачи $\gamma_X = 72,49 \%$, $\gamma_K = 27,51 \%$, $\vartheta = 2,07 \%$, $\beta = 5,52\%$.

Задача № 2. Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении

Фракционным анализом получены результаты:

Значение признака разделения, ξ_i, у. е.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
Выход элементарной фракции, $\gamma(\xi_i)$, %	0,15	0,40	0,10	0,05	0,30
α_i , %	0	10	20	30	40

Построить $w_{и-}$ и α -функции, найти γ_X и ϑ при границе разделения $\xi_{гр} = 2,5$ у. е. Разделение полагать идеальным.

Решение

Решение задачи нужно начинать с расчёта величин плотности распределения $w(\xi_i)$ по формуле:

$$w(\xi_i) = \gamma(\xi_i) / \Delta_i,$$

где $\gamma(\xi_i)$ – выход элементарной фракции, д. ед.; Δ_i – ширина интервала фракции, у. е.

В данном примере все фракции имеют одинаковую ширину интервала, равную 1 у. е., поэтому величина плотности распределения численно равна выходу элементарной фракции.

После расчёта плотности распределения строят w - и α -функции (рисунок 4).

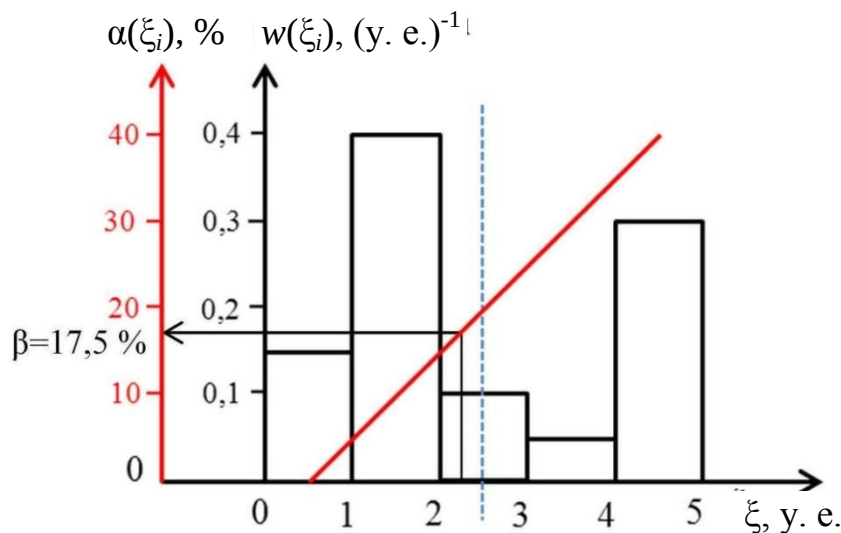


Рисунок 4 – Построение w - и α -функции

Аналог функции плотности распределения в данной задаче представляет собой столбчатую диаграмму с высотой столбцов равной величине плотности распределения для соответствующего интервала значения признака. α -функция строится по точкам, причем координаты x соответствуют среднему значению признака разделения на интервале, а y – заданному значению α -функции.

Расчёт технологических показателей обогащения осуществляется по формулам (8). Следует учесть, что граница разделения проходит посередине интервала значения признака от 2 до 3 у. е., а значит, при расчёте следует умножать на половину ширины интервала, а величину значения α -функции взять равной 17,5 %.

$$\gamma_X = (0,15 \cdot 1 + 0,40 \cdot 1 + 0,10 \cdot 0,5) = 0,6 \text{ д. ед.};$$

$$\vartheta = \frac{1}{0,6} (0,15 \cdot 0 \cdot 1 + 0,40 \cdot 10 \cdot 1 + 0,10 \cdot 17,5 \cdot 0,5) = 8,125 \text{ \%}.$$

Задача № 3. Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата

Для фракционного состава руды и сепарационной характеристики определить: γ_K , β , γ_X , ϑ , $\xi_{гр}$.

Значение признака разделения, ξ_i , у. е.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
$m_{Иi}$, кг	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
α_i , %	0	10	20	30	40
$\varepsilon_K(\xi_i)$, д. ед.	0	0,2	0,6	0,8	0,9

Решение

Расчёт технологических показателей осуществляется с использованием одного из вариантов формул (9).

$$\gamma_K = \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_{Иi} \cdot \varepsilon_K(\xi_i) \right) / \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_{Иi} \right); \quad \gamma_X = 1 - \gamma_K;$$

$$\beta = \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_{Иi} \cdot \alpha_i \cdot \varepsilon_K(\xi_i) \right) / \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_{Иi} \cdot \varepsilon_K(\xi_i) \right);$$

$$\vartheta = \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_{Иi} \cdot \alpha_i \cdot [1 - \varepsilon_K(\xi_i)] \right) / \left(\sum_{i_{\min}}^{i_{\max}} m_{Иi} \cdot [1 - \varepsilon_K(\xi_i)] \right).$$

$$\gamma_K = \frac{(0,5 \cdot 0 + 0,2 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,6 + 0,1 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,9)}{(0,5 + 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,1)} = 0,27 \text{ д. ед.};$$

$$\gamma_X = 1 - \gamma_K = 1 - 0,27 = 0,73 \text{ д. ед.};$$

$$\beta = \frac{(0,5 \cdot 0 \cdot 0 + 0,2 \cdot 10 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 20 \cdot 0,6 + 0,1 \cdot 30 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 40 \cdot 0,9)}{(0,5 \cdot 0 + 0,2 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,6 + 0,1 \cdot 0,8 + 0,1 \cdot 0,9)} = 28,15 \%;$$

$$\vartheta = 4,66 \%.$$

Значения величин γ_X и ϑ в данном примере рассчитаны по уравнению технологического баланса.

Чтобы определить $\xi_{гр}$ необходимо построить сепарационную характеристику (рисунок 5).

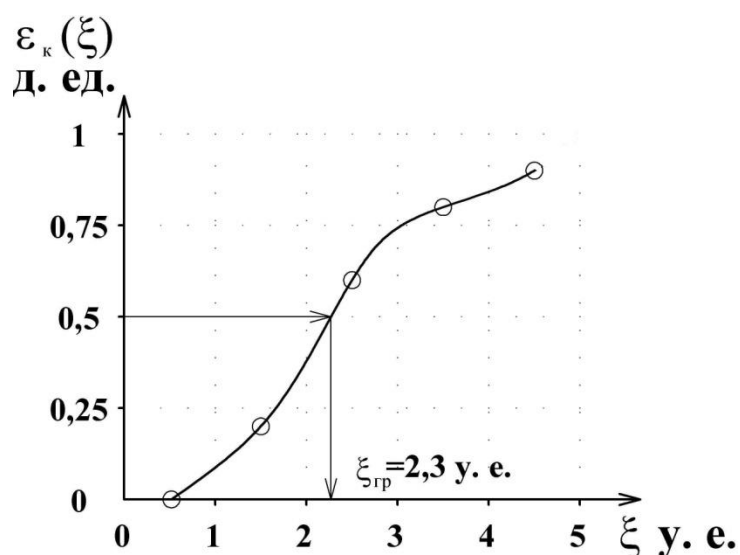


Рисунок 5 – Сепарационная характеристика

Величину граничного значения признака разделения $\xi_{гр}$ определяют графическим построением.

Задача № 4. Расчёт и построение сепарационной характеристики аппарата по известным фракционным характеристикам продуктов

По результатам опробования получены w -функции исходной руды, концентрата и выход хвостов, который равен 0,6 д. ед.

Значение признака разделения, ξ_i , у. е.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
$w_{и}(\xi_i)$, д. ед.	0,2	0,1	0,2	0,25	0,25
$w_{к}(\xi_i)$, д. ед.	0	0,05	0,15	0,30	0,50
$m_{и}(\xi_i)$, кг	0,2	0,1	0,2	0,25	0,25
$m_{к}(\xi_i)$, кг	0	0,02	0,06	0,12	0,20

Рассчитать и построить сепарационную характеристику, найти $\xi_{гр}$, $E_{рт}$.

Решение

Расчёт сепарационной характеристики аппарата осуществляется по известным формулам (10). В данной задаче можно определить сепарационную характеристику по концентрату.

$$\varepsilon_K(\xi_i) = \gamma_K w_K(\xi_i) / w_{и}(\xi_i) \quad \text{или} \quad \varepsilon_K(\xi_i) = m_K(\xi_i) / m_{и}(\xi_i);$$

$$\gamma_K = 1 - \gamma_X.$$

Пример расчёта:

$$\varepsilon_K(\xi_{1-2}) = 0,4 \frac{0,05}{0,1} = 0,2 \text{ д. ед.} \quad \text{или} \quad \varepsilon_K(\xi_{1-2}) = \frac{0,02}{0,1} = 0,2 \text{ д. ед.}$$

По полученным значениям строится сепарационная характеристика аппарата (рисунок 6) и графически определяются значения $\xi_{гр}$, $\xi_{0,25}$, $\xi_{0,75}$, составившие 3,58; 1,98; 4,37 у. е., соответственно. Значение $E_{рт}$ определяется по формуле (11) и составляет 1,19 у. е.

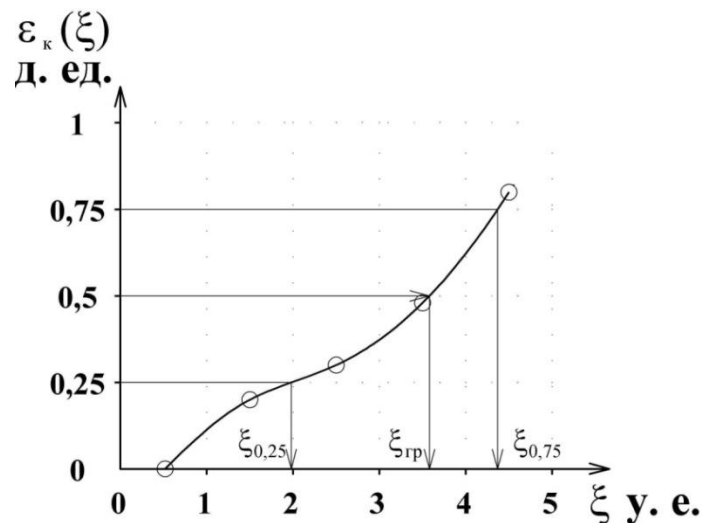


Рисунок 6 – Сепарационная характеристика

Задача № 5. Сепарационная характеристика схемы

Во всех операциях полуканонической схемы единая сепарационная характеристика. В схеме одна основная, одна контрольная и одна, две или три перечистных операции.

Значение признака разделения, ξ_i , у. е.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
$\varepsilon_k(\xi_i)$, д. ед.	0	0,3	0,5	0,7	1

1. Определить, как влияет число перечистных операций ($\Pi=1, 2, 3$) на общую сепарационную характеристику схемы.
2. Построить общие сепарационные характеристики всех трёх схем, определить границы разделения и $E_{рт}$.

Решение

Для расчёта сепарационной характеристики схемы необходимо воспользоваться формулой (12).

Например, формула извлечения по схеме $1O+2\Pi+1K$ будет иметь вид

$$\varepsilon_{КСХ} = \frac{\varepsilon_O \varepsilon_{\Pi}^2}{\varepsilon_O \varepsilon_{\Pi}^2 + (1 - \varepsilon_O)(1 - \varepsilon_K)^1}.$$

Извлечение в концентрат рассчитывают для каждого интервала значения признака разделения. Расчёт удобно осуществлять в табличной форме (таблица 2).

Таблица 2 – Расчёт сепарационных характеристик схем и их параметров

Схема	Сепарационная характеристика $\varepsilon_{КСХ}(\xi_i)$, д. ед.	Значение признака разделения, ξ_i , у. е.				
		0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
1	1О+1П+1К	0	0,16	0,5	0,84	1
2	1О+2П+1К	0	0,05	0,33	0,79	1
3	1О+3П+1К	0	0,02	0,2	0,72	1
Результаты расчёта параметров схем						
	Граница разделения, $\xi_{гр}$	$\xi_{0,25}$	$\xi_{0,75}$	$E_{рт}$		
1	2,50	1,84	3,19	0,675		
2	2,85	2,31	3,40	0,545		
3	3,14	2,65	3,56	0,455		

Границы разделения, а также данные для расчёта $E_{рт}$ определяются графически после построения сепарационных характеристик схем (рисунок 7).

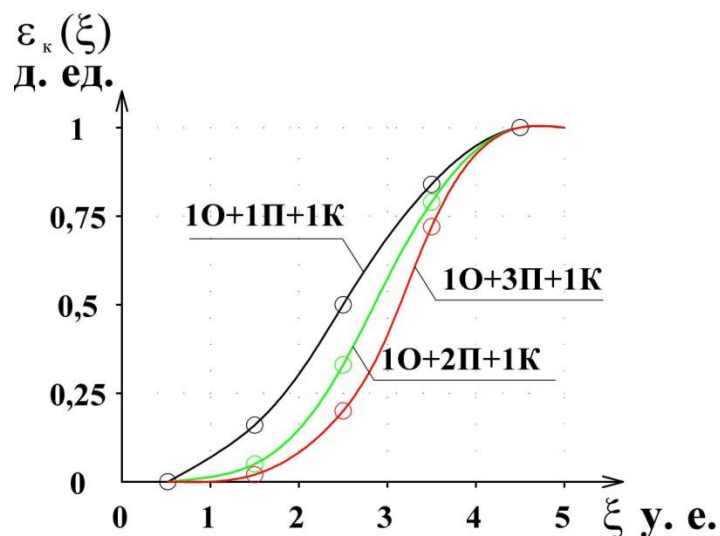


Рисунок 7 – Сепарационные характеристики схем

Ответ в данной задаче подразумевает развёрнутый вывод. Например, с увеличением числа перекидных операций граница разделения сдвигается вправо, крутизна сепарационной характеристики увеличивается и т. п.

**Задача № 6. Расчёт технологических показателей
и построение схемы разделения
для заданного двумерного фракционного состава**

Построить принципиальную схему разделения руды с известным двумерным фракционным составом по заданной границе разделения (рисунок 8). Рассчитать технологические показатели схемы.

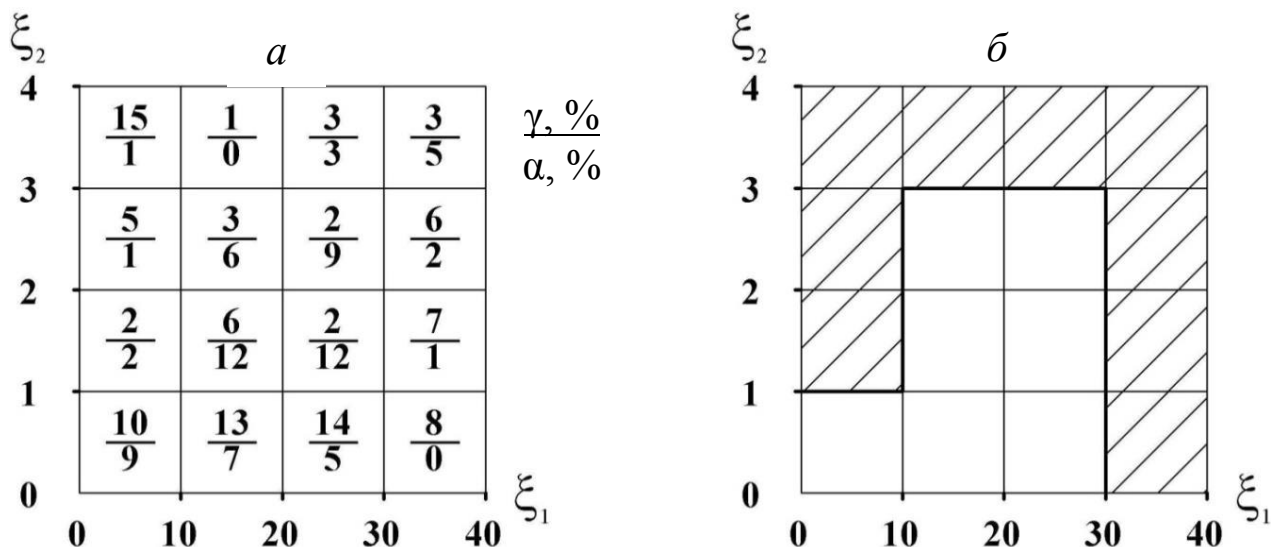


Рисунок 8 – Двумерный фракционный состав исходного материала (а)
и заданная граница разделения (б)

Решение

Решение задачи следует начинать с расчёта показателей схемы. Исходная массовая доля рассчитывается как средневзвешенная для всех фракций по формуле (6). Затем рассчитываются массовая доля полезного компонента в продуктах разделения, как средневзвешенная для фракций, входящих в продукт, и выходы продуктов. По значению массовой доли полезного компонента в продукте разделения необходимо дать его название – концентрат или хвосты.

Для заданной границы разделения составим возможную схему обогащения (рисунок 9). Прочие допустимые варианты отличаются порядком выполнения операций.

Для условий данной задачи получим следующие значения технологических показателей обогащения:

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i \gamma_i}{\sum \gamma_i} = \frac{1 \cdot 15 + 0 \cdot 1 + 3 \cdot 3 + \dots + 5 \cdot 14 + 0 \cdot 8}{100} = 4,5 \%;$$

Расчёт выходов и массовых долей полезного компонента в продуктах обогащения, представленный ниже, показал, что заштрихованный продукт является хвостами.

$$\gamma_1^{\text{III}} = 2 + 5 + 15 + 1 + 3 + 3 + 6 + 7 + 8 = 50 \%;$$

$$\beta_1 = \frac{\sum \beta_i^{\text{III}} \gamma_i^{\text{III}}}{\sum \gamma_i} = \frac{2 \cdot 2 + 1 \cdot 5 + 1 \cdot 15 + \dots + 5 \cdot 3 + 2 \cdot 6 + 1 \cdot 7 + 0 \cdot 8}{2 + 5 + 15 + \dots + 3 + 6 + 7 + 8} = 1,34 \%;$$

$$\gamma_2 = 100 - \gamma_1^{\text{III}} = 100 - 50 = 50 \%;$$

$$\beta_2 = \frac{9 \cdot 10 + 7 \cdot 13 + 12 \cdot 6 + 6 \cdot 3 + 9 \cdot 2 + 12 \cdot 2 + 5 \cdot 14}{50} = 7,66 \%.$$

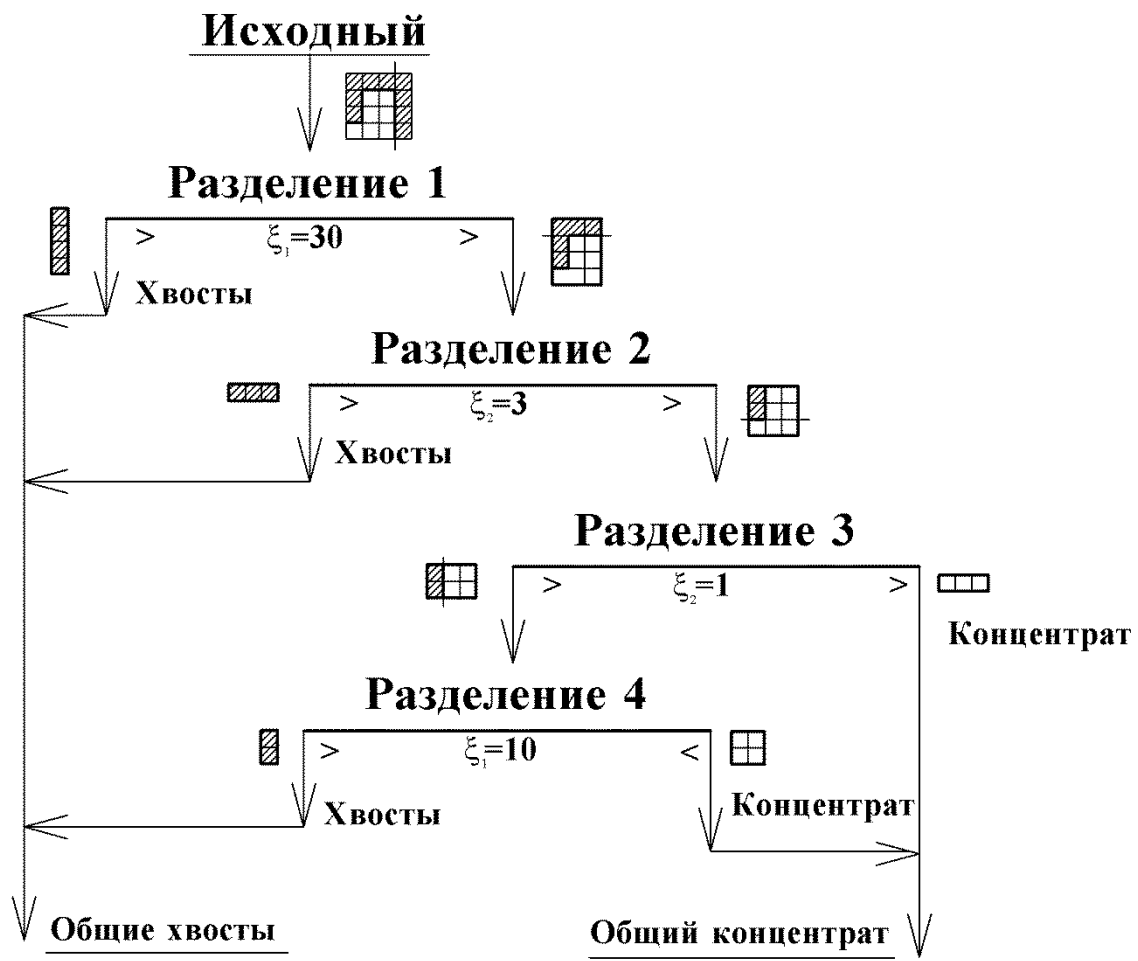


Рисунок 9 – Возможный вариант схемы обогащения

Технологические показатели возможного варианта схемы:

$$\gamma_K = 50 \%, \beta = 7,66 \%, \epsilon_K = 85,11 \%,$$

$$\gamma_X = 50 \%, \vartheta = 1,34 \%, \epsilon_X = 14,89 \%.$$

Задача № 7. Построение варианта оптимальной принципиальной схемы обогащения руды для заданного двумерного фракционного состава

Предложить вариант оптимальной принципиальной схемы разделения руды при заданных двумерном фракционном составе руды и критерии оптимизации $\gamma_k \rightarrow \max$ при $\beta \geq \beta_{\text{зад}}$.

Двумерный фракционный состав исходного материала приведён на рисунке 8, а, принять $\beta_{\text{зад}} = 10\%$.

Решение

Первоначально примем, что концентрат формируется из самых богатых фракций с $\alpha = 12\%$ и $\alpha = 9\%$.

Порядок выполнения операций разделения может быть различным. Схема в одном из вариантов выглядит следующим образом (см. рисунок 10).

Полученные при этой схеме технологические показатели следующие: $\gamma_k = 20\%$, $\beta = (2 \cdot 9 + 6 \cdot 12 + 2 \cdot 12 + 10 \cdot 9) / 20 = 10,2\%$.

Добавим к полученному концентрату следующую самую богатую фракцию с выходом 13% и массовой долей компонента 7% . тогда показатели разделения будут следующие: $\gamma_k = 33\%$, $\beta = 8,94\%$. Данный вариант неприемлем, так как $\beta < \beta_{\text{зад}}$.

Общий алгоритм решения задачи состоит в первоначальном отборе в концентрат сначала самых богатых фракций с расчётом γ_k и β . Если ограничение по β выполняется, в концентрат добавляют следующую, меньшую по содержанию, фракцию, производят расчёт выхода концентрата и массовую долю компонента в нём. Если ограничение не выполняется, к концентрату относят только фракции первоначального расчёта и строят принципиальную схему. Если ограничение по массовой доле компонента в концентрате выполняется, то к уже отобраным фракциям добавляют следующие меньшие по содержанию фракции, повторяя расчёт γ_k и β с последующей проверкой $\beta \geq \beta_{\text{зад}}$.

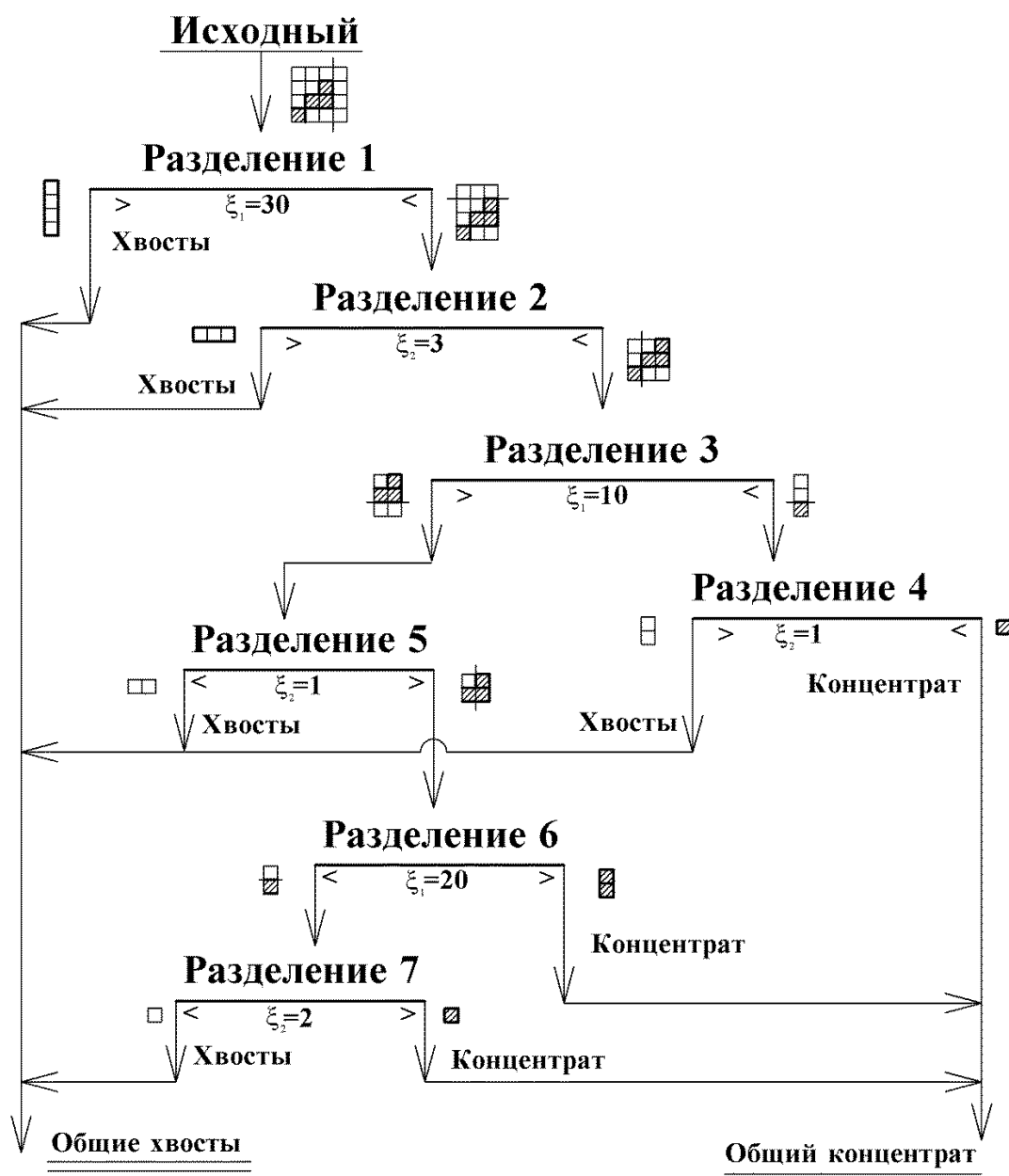


Рисунок 10 – Вариант оптимальной схемы обогащения

Таким образом, могут добавляться фракции, попадающие в концентрат, и наращиваться (видоизменяться) оптимальная принципиальная схема обогащения.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Задача № 1. Получение, расчёт и построение кривых обогатимости

Рассчитать и построить кривые обогатимости. По кривым определить выходы концентрата и хвостов, массовые доли полезного компонента в них. Границу разделения, массу, массовую долю полезного компонента во фракции и значения признака во фракции принять по номеру варианта.

Исходные данные для задачи № 1

<i>Первая цифра варианта</i>										
№ фракции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Массовая доля компонента во фракции, α_i , %										
1	1	29	0	55	4	26	3	25	2	46
2	2	18	5	45	16	16	7	23	8	36
3	5	17	10	25	20	13	11	21	16	26
4	8	15	20	15	28	8	13	19	18	16
5	15	11	30	5	36	2	19	6	31	6
Масса элементарной фракции в исходном, $m_i(\xi_i)$, кг										
1	12	22	9	15	11	45	10	12	32	17
2	13	33	4	12	17	65	5	6	17	16
3	18	55	18	5	6	70	18	8	34	23
4	2	12	11	10	2	58	3	5	21	6
5	6	8	3	19	3	41	16	1	6	12
<i>Вторая цифра варианта</i>										
№ фракции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Признак разделения, у. е.										
1	0-1	0-10	10-30	0-0,1	0-2	5-10	10-20	0-5	4-6	0-10
2	1-2	10-20	30-50	0,1-0,5	2-4	10-15	20-30	5-20	6-12	10-30
3	2-3	20-30	50-70	0,5-1	4-6	15-20	30-40	20-40	12-20	30-50
4	3-4	30-40	70-90	1-5	6-8	20-25	40-50	40-80	20-30	50-60
5	4-5	40-50	90-130	5-10	8-10	25-50	50-100	80-200	30-50	60-90
Граница разделения, у. е.										
–	2,75	23	61	2,7	5,5	19,5	33	70	17	39

Задача № 2. Прогноз технологических показателей обогащения при идеальном разделении

Рассчитать w -функцию исходного материала для заданного диапазона разделения. Построить $w_{\text{и}}$ - и α -функции исходного, найти $\gamma_{\text{х}}$ и ϑ для чётного номера варианта и $\gamma_{\text{к}}$ и β для нечётного при заданной границе разделения. Разделение полагать идеальным. Границу разделения и значения признака во фракции принять по номеру варианта из предыдущей задачи. Выход элементарной фракции и массовую долю компонента в ней принять по номеру варианта.

Исходные данные для задачи № 2

<i>Первая цифра варианта</i>										
№ фракции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Массовая доля компонента во фракции, α_i , %										
1	1	29	0	55	4	26	3	25	2	46
2	2	18	5	45	16	16	7	23	8	36
3	5	17	10	25	20	13	11	21	16	26
4	8	15	20	15	28	8	13	19	18	16
5	15	11	30	5	36	2	19	6	31	6
Выход элементарной фракции, $\gamma_{\text{и}}(\xi_i)$, д. ед										
1	0,24	0,18	0,20	0,25	0,28	0,16	0,20	0,38	0,29	0,23
2	0,25	0,25	0,09	0,20	0,44	0,23	0,10	0,18	0,15	0,22
3	0,35	0,42	0,40	0,08	0,15	0,25	0,35	0,25	0,30	0,31
4	0,04	0,09	0,24	0,16	0,05	0,21	0,04	0,16	0,19	0,08
5	0,12	0,06	0,07	0,31	0,08	0,15	0,31	0,03	0,07	0,16

Задача № 3. Прогноз технологических показателей обогащения с учётом сепарационной характеристики аппарата

Для известного фракционного состава руды и сепарационной характеристики определить: $\gamma_{\text{х}}$, ϑ , $\gamma_{\text{к}}$, β , $\xi_{\text{гр}}$. Фракционный состав принять из предыдущей задачи, сепарационную характеристику по номеру варианта. Сравнить с результатами, полученными в предыдущей задаче. Сделать вывод.

Исходные данные для задачи № 3

<i>Вторая цифра варианта</i>										
№ фракции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сепарационная характеристика, $\varepsilon_K(\xi_i)$, д. ед.										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,05	0,15	0,2	0,1
3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,6	0,7	0,35	0,45	0,6	0,3
4	0,7	0,8	0,6	0,55	0,7	0,85	0,45	0,65	0,8	0,6
5	0,9	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,9	0,85

Задача № 4. Расчёт и построение сепарационной характеристики аппарата по известным фракционным характеристикам продуктов

По результатам опробования получены массы элементарных фракций в исходном материале и концентрате. Рассчитать и построить сепарационную характеристику аппарата, найти $\xi_{гр}$, $E_{рт}$.

Исходные данные для задачи № 4

<i>Первая цифра варианта</i>										
№ фракции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса элементарной фракции в исходном, $m_{и}(\xi_i)$, кг										
1	12	22	9	15	11	45	10	12	32	17
2	13	33	4	12	17	65	5	6	17	16
3	18	55	18	5	6	70	18	8	34	23
4	2	12	11	10	2	58	3	5	21	6
5	6	8	3	19	3	41	16	1	6	12
Масса элементарной фракции в пробе концентрата, $m_{к}(\xi_i)$, кг										
1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	2
2	1	2	1	3	3	5	2	2	3	4
3	12	20	8	2	5	21	8	5	11	13
4	1,5	10	8	8	1,8	35	1,9	4	15	4
5	5,5	7,5	2,5	18	3	38	15	1	5	11

Задача № 5. Сепарационная характеристика схемы

Во всех операциях полуканонической схемы единая сепарационная характеристика по каналу концентрата. Сепарационную характеристику, количество перечистных и контрольных операций принять по номеру варианта. Рассчитать и построить общие сепарационные характеристики трёх схем, определить границы разделения и $E_{рт}$. Определить, как влияет число перечистных и контрольных

операций на общую сепарационную характеристику схемы. Сделать вывод.

Исходные данные для задачи № 5

Первая цифра варианта										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Количество контрольных операций, <i>m</i>										
0	1	1	2	2	5	0	0	1	1	
4	2	2	3	3	3	3	2	4	4	
2	5	5	4	5	2	2	5	3	2	
Вторая цифра варианта										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Количество перечистных операций, <i>n</i>										
5	0	0	0	4	1	1	2	3	0	
3	3	2	1	1	2	2	1	4	3	
1	4	4	5	0	4	3	3	0	5	
Вторая цифра варианта										
№ фракции	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сепарационная характеристика, $\varepsilon_K(\xi_i)$, д. ед										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,05	0,15	0,2	0,1
3	0,5	0,6	0,4	0,3	0,6	0,7	0,35	0,45	0,6	0,3
4	0,7	0,8	0,6	0,55	0,7	0,85	0,45	0,65	0,8	0,6
5	0,9	0,9	0,8	0,95	0,85	0,9	0,8	0,95	0,9	0,85
Признак разделения, у. е.										
№ фракции	1	3	5	7	9	0	2	4	6	8
1	0-1					0-10				
2	1-2					20-20				
3	2-3					20-30				
4	3-4					30-40				
5	4-5					40-50				

Задача № 6. Расчёт технологических показателей и построение схемы разделения для заданного двумерного фракционного состава

Построить принципиальную схему разделения руды с известным двумерным фракционным составом (таблица 4, рисунок 11) по заданной границе разделения (рисунок 12). Рассчитать итоговые технологические показатели схемы для продуктов со штриховкой (продукт 1) и без неё (продукт 2).

**Задача № 7. Построение варианта оптимальной
принципиальной схемы обогащения руды
для заданного двумерного фракционного состава**

Предложить вариант оптимальной принципиальной схемы разделения руды при заданных двумерном фракционном составе руды (таблица 4, рисунок 11) и критерии оптимизации К: $\gamma_k \rightarrow \max$ при $\beta \geq \beta_{\text{зад}}$ или Х: $\gamma_x \rightarrow \max$ при $\vartheta \leq \vartheta_{\text{зад}}$. Исходный фракционный состав и условия критерия оптимизации принять по номеру варианта.

Исходные данные для задач № 6, 7

Таблица 4 – Комбинации «фракционный состав – граница разделения», критерий оптимизации

<i>Первая цифра варианта</i>									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Фракционный состав</i>									
А	Б	В	Г	Д	Е	А	Б	В	Г
$\beta_{\text{зад}}, \%$									
4,5	6,0	9,0	5,0	9,0	8,0	5,0	6,5	9,0	4,0
$\vartheta_{\text{зад}}, \%$									
0,95	1,1	2,0	2,0	2,3	2,5	0,95	1,1	2,0	2,0
<i>Вторая цифра варианта</i>									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Граница разделения</i>									
6	5	4	3	2	1	6	5	4	3
<i>Критерий оптимизации</i>									
К	Х	К	Х	К	Х	К	Х	К	Х

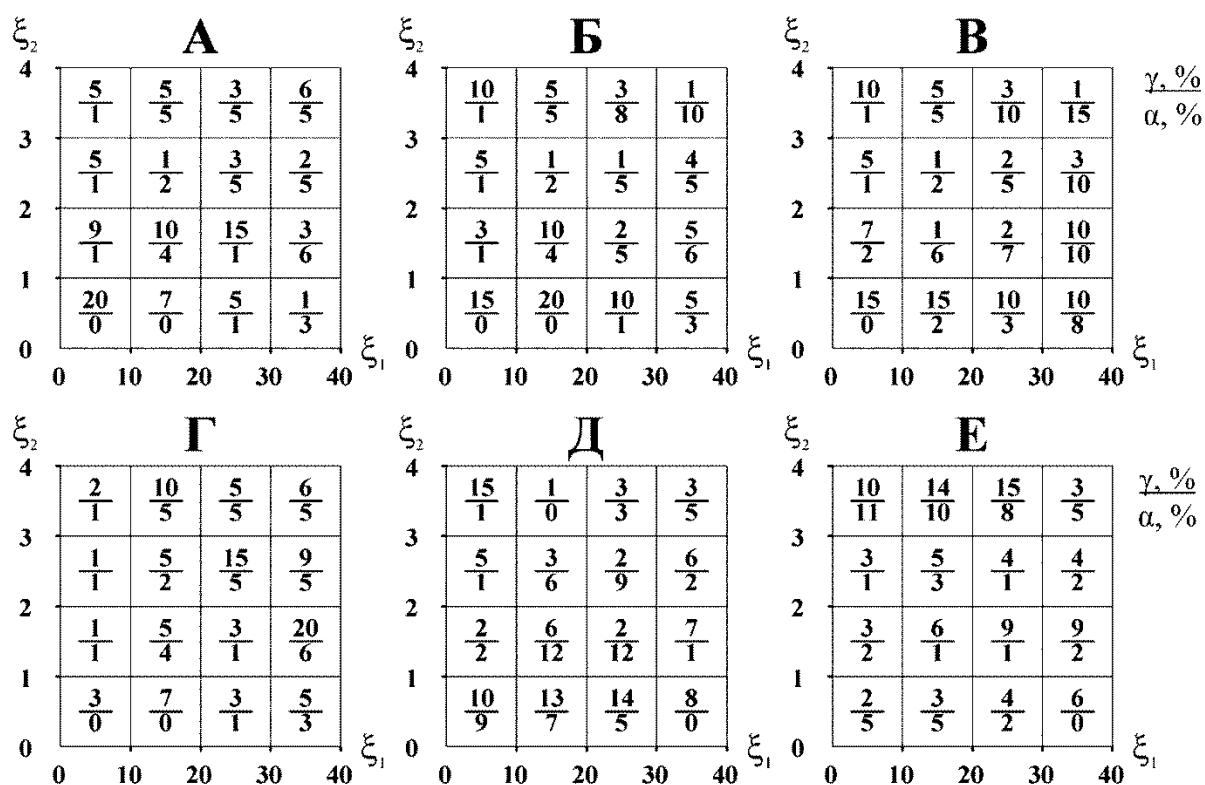


Рисунок 11 – Исходный двумерный фракционный состав

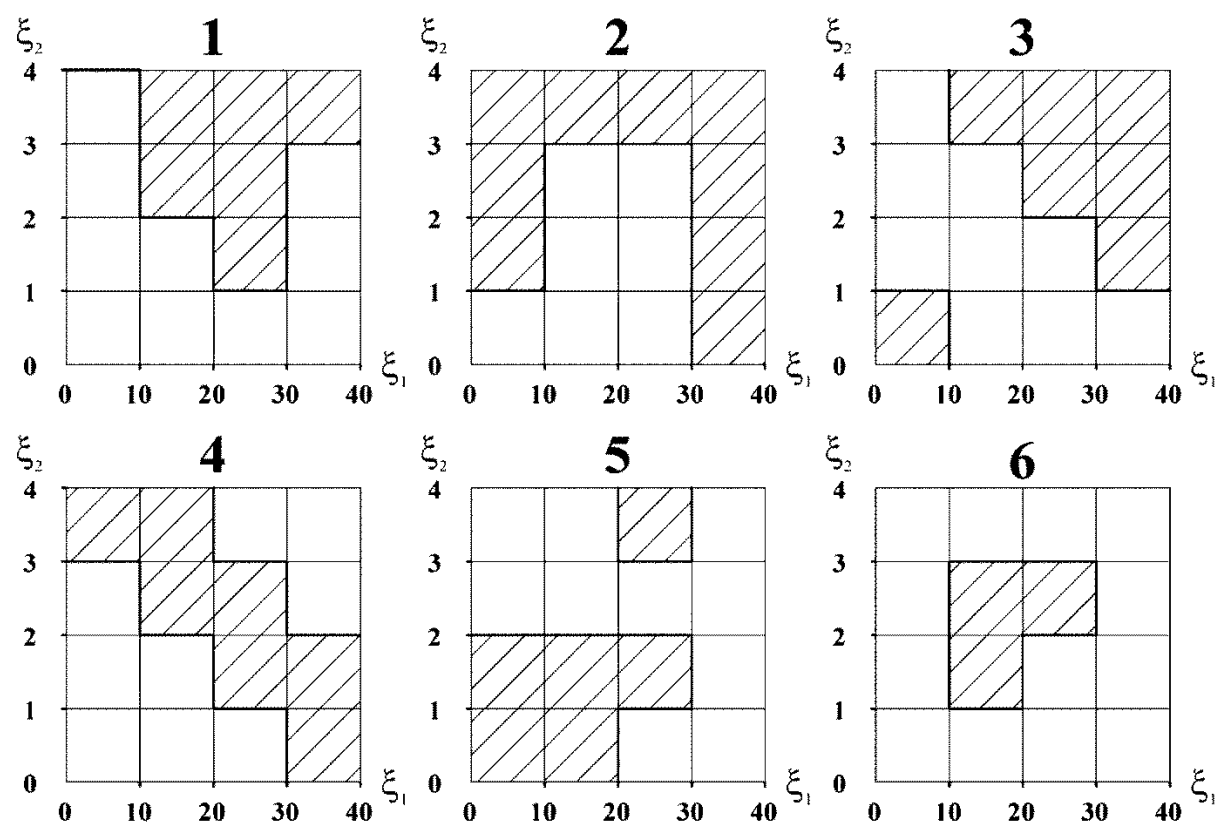


Рисунок 12 – Граница разделения

Учебное издание

Евгений Федорович Цыпин

Татьяна Юрьевна Овчинникова

ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Практикум

по дисциплине «Теория разделения минералов»
для студентов специализации «Обогащение полезных ископаемых»
специальности 21.05.04 – «Горное дело» всех форм обучения

Компьютерная вёрстка: *Т. Ю. Овчинниковой*

Подписано в печать 23.05.2019 г.

Бумага писчая. Формат 60 × 84^{1/16}

Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.

Печ. л. 1,69. Уч.-изд. л. 0,98. Тираж 100 экз. Заказ №38

Издательство УГГУ

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Уральский государственный горный университет

Отпечатано с оригинал-макета

в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.03.01 ТЕОРИЯ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

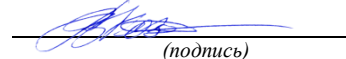
Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

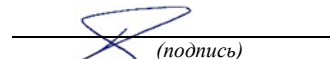
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.03.02 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

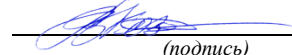
Автор: Цыпин Е. Ф., проф., д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой



(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель



(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.04.01 СОВРЕМЕННЫЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

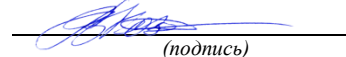
Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

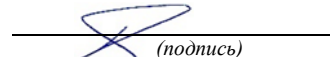
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

С. А. Упоров

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Б1.В.ДВ.04.02 ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Овчинникова Т. Ю., доц., к.т.н.

Одобрена на заседании кафедры

Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой


(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 04.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета

горно-механического

(название факультета)

Председатель


(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 20.10.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса	4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам	5
Подготовка и написание контрольной работы	6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)	7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	8
Подготовка к зачёту	8
Подготовка к экзамену.....	8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

Екатеринбург – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией
горнотехнологического
факультета

«11» апреля 2018 г.

Председатель комиссии

 доцент Кокарев К. В.

И. В. Назаров, Е. В. Шипилова

Методические указания к геодезической практике для студентов всех специальностей и направлений

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ.....	6
1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30)	6
1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3	10
2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ.....	13
2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования.....	13
2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе	14
2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода	17
2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети.....	18
3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ.....	20
3.1. Вычисление привязки	20
3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий	22
3.3. Вычисление отметок пунктов съёмочного обоснования методом тригонометрического нивелирования.....	23
3.4. Вычисление координат пунктов съёмочного обоснования.....	26
3.4.1. Вычисление угловой невязки хода.....	26
3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода	28
3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съёмочного обоснования	29
4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА	31
4.1. Работа на станции.....	31
4.2. Ведение журнала тахеометрической съёмки	32
4.3. Составление абриса.....	34
5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА	36
5.1. Вычерчивание координатной сетки.....	36
5.1.1. Построение пунктов съёмочного обоснования по координатам.....	36
5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план.....	37

5.3. Оформление топографического плана	37
6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ	39
6.1. Рекогносцировка трассы.....	39
6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей	39
6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям	40
6.4. Работа на станции при нивелировании	41
6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования.....	45
6.5.1. Обработка нивелирного журнала	45
6.5.2. Построение профиля трассы	47
6.5.3. Проектирование по профилю.....	49
7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ	52
7.1. Элементы геодезических разбивочных работ.....	52
7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла	52
7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния	53
7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом).....	53
7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой	56
7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном.....	57
8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ.....	59
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	60
ПРИЛОЖЕНИЯ	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Стандартный шрифт	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Вычислительный шрифт	63

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задачей учебной геодезической практики является закрепление теоретических знаний студентов и приобретение ими практических навыков при решении различных инженерно-геодезических задач.

Все виды работ, предусмотренные программой, выполняются студентами самостоятельно бригадами в составе 6 человек, Продолжительность учебной геодезической практики – 2 недели.

Студенты допускаются к производству геодезических работ на практике лишь после изучения правил по охране труда и технике безопасности.

В период прохождения геодезической практики студенты обязаны выполнять установленный распорядок дня, бережно относиться к полученным приборам и инструментам и поддерживать дисциплину и порядок на полигоне и территории базы.

Руководитель практики систематически контролирует в течение всего периода практики все виды полевых и камеральных работ и принимает законченные работы.

Зачет по практике преподаватель принимает по пятибалльной системе от каждого студента в присутствии всех членов бригады.

Студенты, пропускающие дни практики, опаздывающие или уходящие с работы раньше срока по неуважительной причине, к зачету по практике не допускаются.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ

Для измерения углов на учебно-геодезической практике используются теодолиты Т-30, 2Т-30.

Основные части теодолита (2Т-30) показаны на рис. 1.1, отсчетные устройства приборов – на рис. 1.2, сетка нитей – на рис. 1.3.

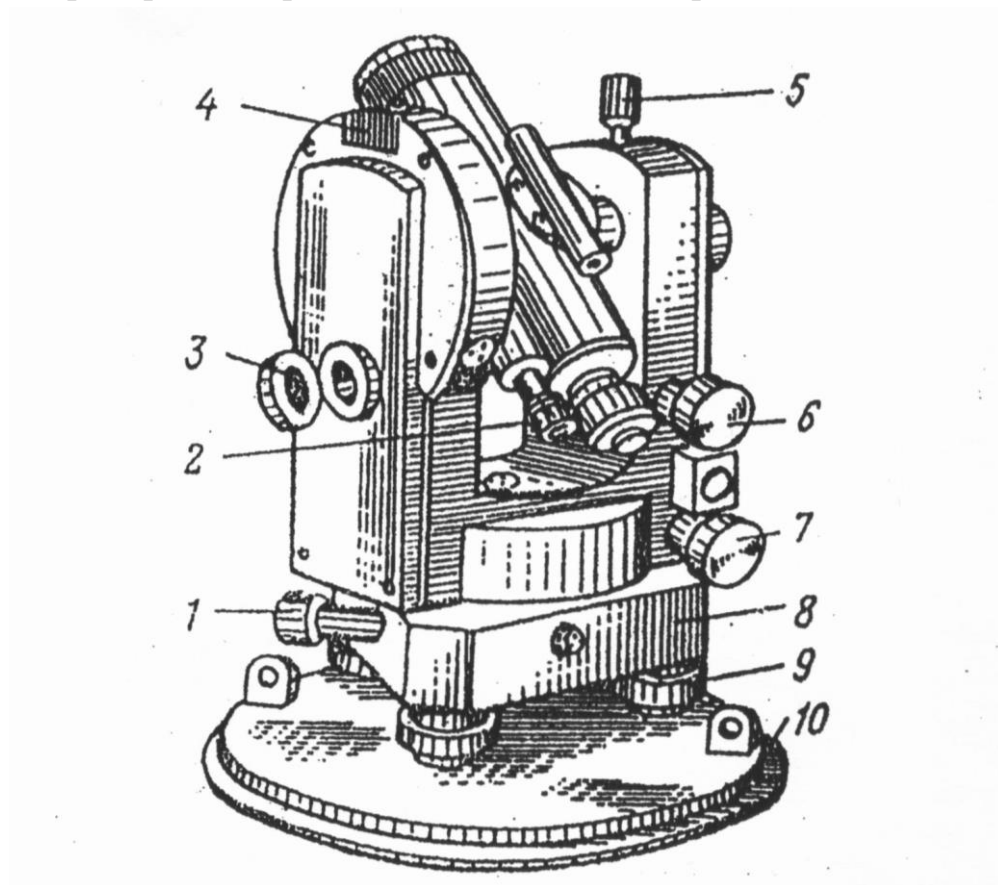


Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:

- 1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа;
4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы;
6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады;
8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание

1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30)

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора.

Уровень горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов, приводят или пузырек на середину, Затем поворачивают, алидаду на 180° . При отклонении пузырька от середины более чем на 2 деления производят юстировку – на половину дуги отклонения пузырька уровня перемещают юстировочными винтами уровня. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Выбирают на местности удаленную точку. Наводят теодолит на удаленную точку и берут отсчёты по горизонтальному кругу при двух положениях вертикального круга КЛ₁ и КП₁. Открепив станovým винтом штатива подставку теодолита, поворачивают прибор примерно на 180° и повторяют то же самое, получая отчеты при КЛ₂ и КП₂. Получают значение коллимационной ошибки C по формуле:

$$C = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4}.$$

Если величина C превышает 2', то вычисляют исправленный отсчет КП – C и устанавливают его на горизонтальном круге микрометрическим винтом алидады. При этом центр сетки нитей сместится с точки наведения. Для исправления данного положения вращают горизонтальные исправленные винты сетки нитей до совмещения ее центра с точкой наведения.

Пример: отсчеты по горизонтальному кругу

	КЛ	КП
Наведение 1	40°22'	220°20'
Наведение 2	200°10'	20°10'

$$C = \frac{(40^\circ 22' - 220^\circ 20' + 180^\circ 00') + (200^\circ 10' - 20^\circ 10' - 180^\circ 00')}{4};$$

$$C = \frac{4'}{4} = 1'.$$

В штриховом микроскопе теодолита ТЗ0 в середине поля зрения виден штрих, относительно которого осуществляется отсчет по лимбу (рис. 1.2, а). Перед отсчетом по лимбу необходимо определить цену деления лимба. В теодолите ТЗ0 цена деления лимба составляет 10 угловых минут, т. к. градус разделен на шесть частей. Число минут оценивается на глаз в десятых долях цены деления лимба. Точность отсчета составляет 1'.

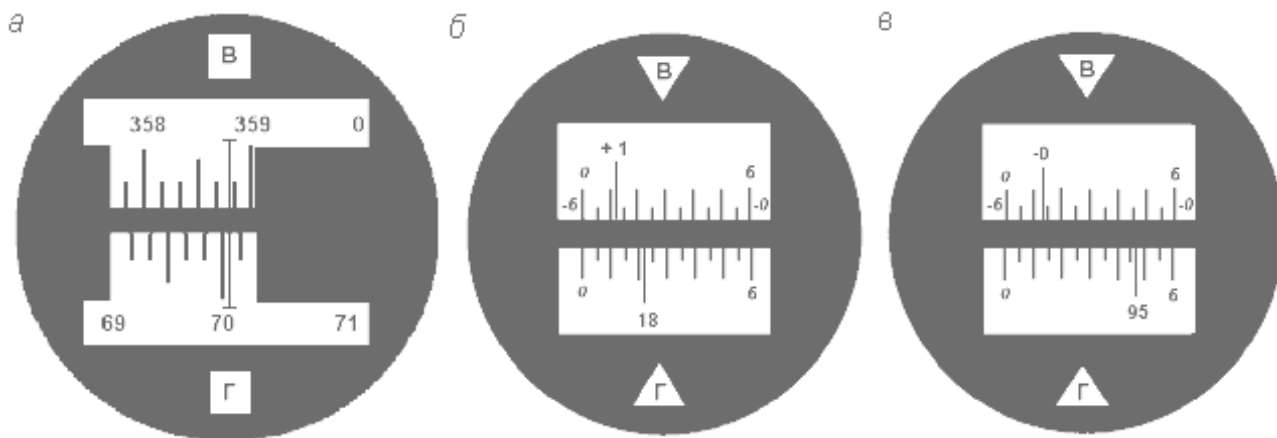


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – $358^{\circ} 48'$, по горизонтальному – $70^{\circ} 03'$ (а); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – $1^{\circ} 11'$, по горизонтальному – $18^{\circ} 22'$ (б); по вертикальному кругу – $-0^{\circ} 47'$, по горизонтальному – $95^{\circ} 47'$ (в)

В шкаловом микроскопе теодолита 2Т30 в поле зрения видна шкала, размер которой соответствует цене деления лимба (рис. 1.2, б, в). Для теодолита технической точности размер шкалы и цена деления лимба равны $60'$. Шкала разделена на двенадцать частей, и цена ее деления составляет 5 угловых минут. Если перед числом градусов знака минус нет, отсчет производится по шкале от 0 до 6 в направлении слева направо (рис. 1.2, б). Если перед числом градусов стоит знак минус, в этом случае минуты отсчитываются по шкале вертикального круга, где перед цифрами от 0 до 6 стоит знак минус в направлении справа налево (рис. 1.2, в). Десятые доли цены деления шкалы берутся на глаз с точностью до $30''$.

Поверка 3. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит недалеко от стены здания. Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоко расположенную точку и, закрепив алидаду, наклоняют трубу примерно до горизонтального положения. Отмечают карандашом на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, снова повторяют все действия. Если наблюдаемое в зрительной трубе горизонтальное расстояние между двумя проекциями центра сетки нитей не превышает тройную ширину биссектора сетки, то условие поверки считается выполненным (рис. 1.3). В противном случае прибор подлежит исправлению на заводе.



Рис. 1.3. Сетка нитей

Поверка 4. Определение и исправление места нуля (МО) вертикального круга.

При двух положениях круга наводят центр сетки нитей на хорошо видимый предмет и берут отсчёты по вертикальному кругу КЛ и КП. Значение МО вычисляют по формуле:

Для 2Т-30

$$МО = \frac{КЛ + КП}{2}.$$

Для Т-30

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180^\circ}{2}.$$

Пример:

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $МО = \frac{7^\circ 20' + 172^\circ 44' - 180^\circ}{2} = 2',$

для Т-30 КП $172^\circ 44'.$

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $МО = \frac{7^\circ 20' - 7^\circ 24'}{2} = -2',$

для 2Т-30 КП $-7^\circ 24'.$

Место нуля определяют дважды. Среднее значение не должно превышать $1-3'$.

В противном случае микрометрическим винтом вертикального круга устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный $КП - МО$. При этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Для исправления МО его совмещают с точкой наведения, вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей.

Для контроля поверку повторяют. При выполнении этой поверки следят, чтобы пузырёк уровня горизонтального круга находился в нуль-пункте.

1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3

Нивелир Н-3 предназначен для определения превышения между смежными точками местности. Основные части нивелира приведены на рис. 1.4.

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельно оси вращения нивелира.

Вращением подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Поворачивают нивелир на 180° . Если пузырек не сместится с середины то условие выполнено. В противном случае юстировочными винтами уровня перемещают его к нуль-пункту на половину дуги отклонения. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы, должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Поверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии длиной 50-75 м (рис. 1.5).

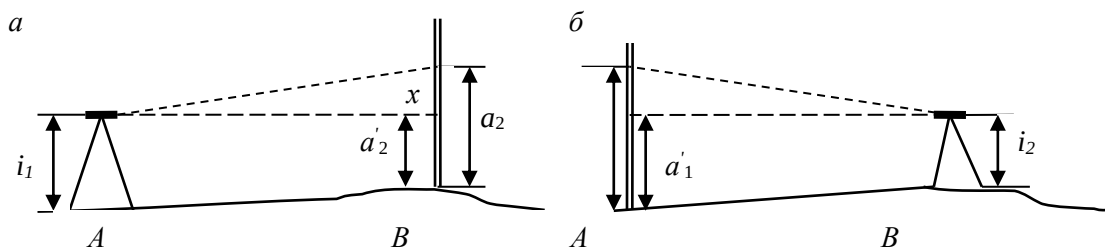
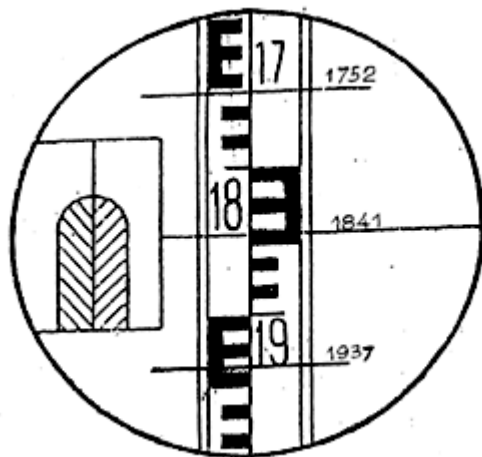
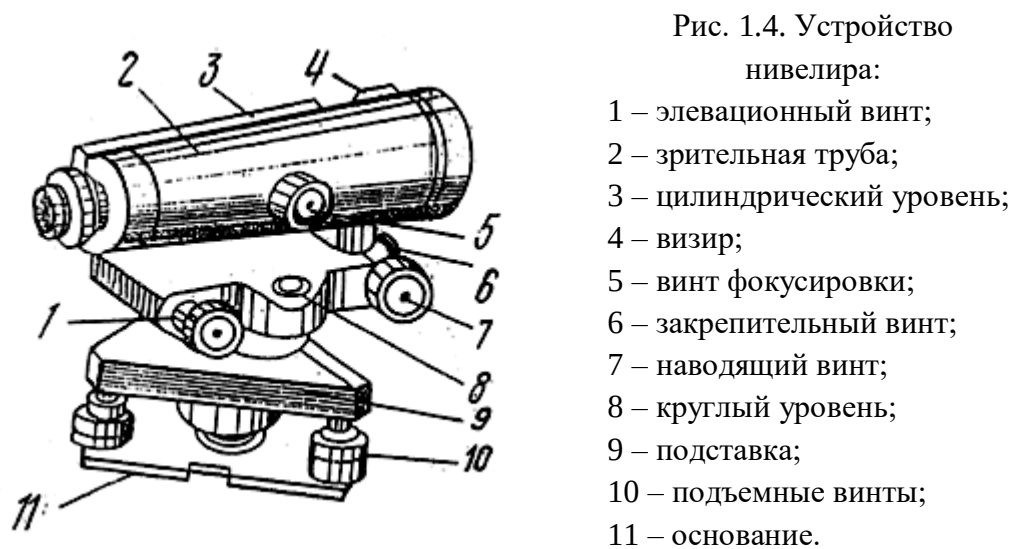


Рис. 1.5. Схема проверки главного геометрического условия

Устанавливают нивелир в точке. А, а рейку в точке В. Измеряют высоту инструмента i_1 , в точке А и берут отсчёт по рейке a_1 в точке В. Затем нивелир и рейку меняют местами и снова измеряют высоту инструмента i_2 и берут отсчёт по рейке a_2 . Если визирная ось не параллельна оси уровня и составляет с ним некоторый угол ν , то отсчёты по рейке будут содержать некоторую погрешность X . Величину этой погрешности определяют по формуле:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}, \text{ мм.}$$

Пример: $i_1 = 1420 \text{ мм}$
 $a_1 = 1180 \text{ мм}$

$i_2 = 1540 \text{ мм}$
 $a_2 = 1786 \text{ мм}$

$$X = \frac{1180 + 1786}{2} - \frac{1420 + 1540}{2} = 3 \text{ мм.}$$

Если величина $X > 4 \text{ мм}$, то не параллельность осей исправляют. Для этого вычисляют исправленный отсчет $a_2 = a_2 - X$ (рис. 1.5) и, действуя элевационным винтом, устанавливают его на рейке по середине нити сетки. Затем, действуя вертикальными юстировочными винтами цилиндрического уровня, совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

Поверка 3. Сетка нитей должна быть расположена правильно, т. е. вертикальная нить должна быть вертикальна, а горизонтальная – горизонтальна.

На расстояние 15-20 м вывешивают отвес, наводят трубу нивелира на нить отвеса. Если вертикальная нить сетки нитей параллельна нити отвеса, то условие выполнено. В противном случае исправление делают поворотом всей оправы сетки нитей до правильного положения, предварительно ослабив винты оправы.

2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

Для производства топографо-геодезических работ на местности необходимо иметь сеть пунктов съёмочного обоснования.

На практике каждая бригада студентов на своем участке создает планово-высотную съёмочную сеть в виде замкнутого тахеометрического хода с общим числом вершин 6-7, в котором измеряют горизонтальные и вертикальные углы и длины сторон, а также осуществляют привязку тахеометрического хода к пунктам опорной геодезической сети.

2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: штыри, две вешки, молоток, тетрадь, две ручки.

Бригада студентов вместе с преподавателем обходит участок, выбирает места для точек съёмочного обоснования и закрепляет их. При этом необходимо соблюдать ряд условий:

- Удобство установки теодолита для работы на станции;
- Взаимная видимость на соседние пункты;
- Максимальный обзор местности и полнота съёмки;
- Расстояния между пунктами от 40 до 100 м.

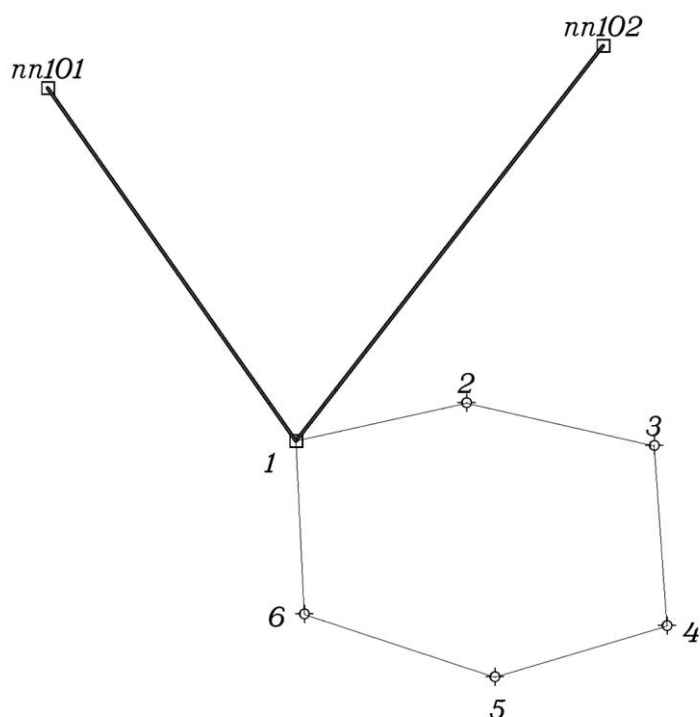


Рис. 2.1. Схема расположения пунктов съёмочного обоснования

Закрепление пунктов съемочного обоснования производят металлическими штырями, которые забивают до уровня земной поверхности, вокруг штыря делают окопку, каждому из них присваивается порядковый номер. При рекогносцировке составляют общую схему расположения точек съемочного обоснования (рис. 2.1).

2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: теодолит, две вешки, одна рейка, полевой журнал для измерения углов, карандаш, тетрадь.

На каждом пункте планово-высотного хода измеряют горизонтальный угол, вертикальные углы и наклонные длины линий. Углы измеряют теодолитами Т-30 или 2Т-30 одним полным приемом, длины сторон хода – нитяным дальномером. Результаты измерений записывают в журнал измерения углов и длин линий простым карандашом (таблица 1).

Порядок работы:

1) Теодолит центрируют над пунктом по отвесу с точностью 5 мм и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня при горизонтальном круге.

2) На две смежные точки выставляют визирные вехи, на которых отмечают ярким шнурком высоты инструмента на данной точке стояния.

3) Измерение горизонтального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Открыв закрепительный винт алидады, наводят на низ вехи (во избежание ошибок из-за наклона вехи). Берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают его в полевой журнал (1) (таблица 1, действие (1). В скобках показана последовательность действий при измерениях и записи в журнале). Затем открепляют закрепительный винт алидады, пересечение основных штрихов сетки наводят на низ правой вехи, берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают в журнал (2). Вычитая из отсчёта (2) отсчёт (1), получают значение угла (3), измеренное одним полуприёмом.

4) Переводят трубу через зенит. Повторяя действия, описанные в пункте 3, измеряют горизонтальный угол вторым полуприёмом при положении зрительной трубы КП. По отсчетам (4) и (5) вычисляют значение угла (6), полученного из второго полуприема.

5) Сравнивают значения углов (3) и (6), полученные из двух полуприёмов. Их разность не должна быть больше $2t$, т. е. $1'$, где $t = 30''$ – точность теодолита. Вычисляют среднее значение горизонтального угла (7) по формуле:

$$\frac{(3)-(6)}{2}=(7).$$

Таблица 1

ЖУРНАЛ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

$$MO = \frac{KL + KP}{2}$$

Дата

Исполнитель

 $v = KL - MO$

Точка стояния	Круг	Точки визирован.	Горизонтальный круг			Точки		Круг	Вертикальный круг			Длины линий измеренные
			Отсчёт ° '	Измеренный угол ° '	Средний угол ° '	Стояния	Визиров.		Отсчёт	Место нуля	Угол наклона	Горизонт. проложение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	КЛ	2	196°15' (1)	244°24' (3)	244°24,5' (7)	1	2	КЛ	-2°01' (8)	-0°0'30" (12)	-2° 00' 30" (13)	57,1 (14)
		6	80°39' (2)					КП	2°00' (10)			
	КП	2	16°17' (4)	244°25' (6)		1	6	КЛ	8°35' (9)	0°	8°35'	116,5 (15)
		6	260°42' (5)					КП	-8°35' (11)			
2	КЛ	3	146°55'	59°46'	59°46'	2	1	КЛ	-8°36'	0°	-8°36'	116,5 (16)
		1	206°41'					КП	8°36'			
	КП	3	326°59'	59°46'		2	3	КЛ	-2°20'	-0°2'	-2°18'	82,5
		1	26°45'					КП	2°18'			

6) Измерение вертикального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Зрительную трубу наводят на веку, установленную на смежной точке. Основной (средний) горизонтальный штрих сетки совмещают с отметкой высоты инструмента на веку (шнурок). После чего берут отсчет по вертикальному кругу (8). Затем наводятся на веку, установленную второй точке, и записывают значения по вертикальному кругу (9).

7) Переводят зрительную трубу через зенит, повторяют действия, описанные в пункте 6, при положении зрительной трубы КП. Берут отсчет по вертикальному кругу и записывают в журнал (10), (11).

8) Вычисляют МО вертикального круга (12).

9) Вычисляют угол наклона (13) по формуле:

$$v = \text{КЛ} - \text{МО}.$$

Контроль:

- При измерении вертикальных углов на станции колебание МО для разных вертикальных углов не должно превышать $\pm 2'$.

- Значения углов наклона, измеренных в прямом и обратном направлениях, не должны отличаться более, чем на $\pm 3'$.

Запрещается! В полевом журнале стирать резинкой результаты измерений, писать цифру на цифре, переписывать полевой журнал. Ошибочные измерения зачеркиваются одной чертой, затем записи продолжают дальше. Все записи должны вестись четко и аккуратно с использованием шрифтов (см. прил. 1, 2).

2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода

В процессе проложения тахеометрического хода в поле измеряют длины сторон хода. Для этого на смежные точки ставят нивелирную рейку (нулем вниз), наводят зрительную трубу на рейку, совмещая верхний дальномерный штрих сетки нитей с каким-нибудь целым делением рейки (обычно с отсчетом 1000). Подсчитывают длину отрезка “ l ” в см между верхним и нижним дальномерными штрихами. Доли сантиметровых делений оценивают на глаз.

Длина измеренной стороны определяется по формуле

$$S_{\text{изм}} = K \times l_{\text{см}},$$

где K – коэффициент нитяного дальномера ($K = 100$), l – длина отрезка в см между верхней и нижней дальномерными нитями.

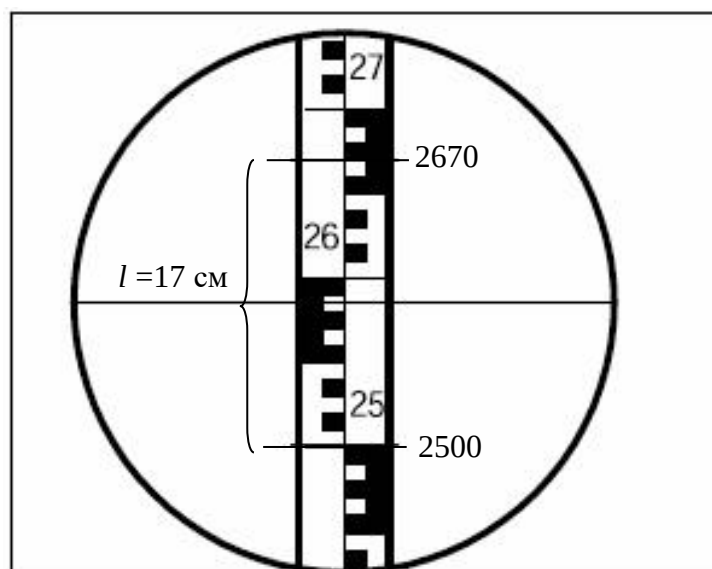


Рис. 2.2. Определение расстояний нитяным дальномером

Пример: на рис. 2.2 отчет по верхней нити 2670, отчет по нижней нити 2500, $l = 2670 - 2500 = 170 \text{ мм} = 17 \text{ см}$, $S_{\text{изм}} = 17 \text{ см} \times 100 = 1700 \text{ см} = 17,0 \text{ м}$.

На станции длину каждой стороны хода измеряют дважды по черной и по красной сторонам рейки, или по одной стороне, но по разным делениям рейки. Разность результатов измерений должна быть не более 0,3 м на 100 метров длины. Среднее значение длины стороны хода записывают в полевой журнал (14) с округлением до 0,1 м.

Длины сторон хода обязательно измеряют в обратном направлении. Разность между результатами измерений "прямо" (15) и "обратно" (16) не должна превышать 1:200-1:400 (0,3-0,5 м на 100 м длины).

2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети

Привязку тахеометрического хода выполняют для определения дирекционного угла начальной стороны хода. Одна из вершин тахеометрического хода является пунктом опорной геодезической сети (рис. 3.1). С него есть видимость на два других геодезических пункта (пп101, пп102). Для привязки хода к опорной геодезической сети производят измерение примычных углов φ_1 и φ_2 . Это угол между твердой стороной и первой стороной тахеометрического хода (рис. 3.1). В полевом журнале вычерчивают схему привязки, показывают примычные углы.

Каждый примычный угол φ_1 и φ_2 измеряют двумя приемами с перестановкой лимба между приемами примерно на 90° . Для контроля измеряют угол между исходными сторонами (δ). Контроль производят по формуле:

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Допустимое расхождение $\pm 3'$.

3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

После последних измерений производят проверку полевых журналов, правильность записей и вычислений измеренных и средних значений. По значениям измеренных горизонтальных углов и длин линий составляют схему съёмочного обоснования и ее привязки (рис. 3.1). На схему выписывают измеренные значения углов и длин. Затем приступают к вычислениям. Вычисления линейных величин ведут с точностью до 0,1 м, а углов – до 30". Из полевого журнала выписывают измеренные примычные углы φ_1 и φ_2 .

3.1. Вычисление привязки

Дирекционный угол начальной стороны хода (α_{1-2}) (рис. 3.1) вычисляют дважды, исходя из значений дирекционных углов исходных сторон опорной геодезической сети (α_{1-A} , α_{1-B}) и измеренных углов (φ_1 , φ_2) по формулам:

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{1-\text{пп101}} + \varphi_1;$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{1-\text{пп102}} + \varphi_2.$$

Дирекционные углы исходных сторон вычисляют решая обратные геодезические задачи, по формулам:

$$r_{1-\text{пп101}} = \arctg \frac{Y_{\text{пп101}} - Y_1}{X_{\text{пп101}} - X_1}, \quad r_{1-\text{пп102}} = \arctg \frac{Y_{\text{пп102}} - Y_1}{X_{\text{пп102}} - X_1}.$$

Расхождение полученных значений α_{1-2} не должно превышать 2-3'.

После нахождения значения румба необходимо определить координатную четверть, содержащую направление. Координатную четверть определяют по знакам приращений координат (рис. 3.2).

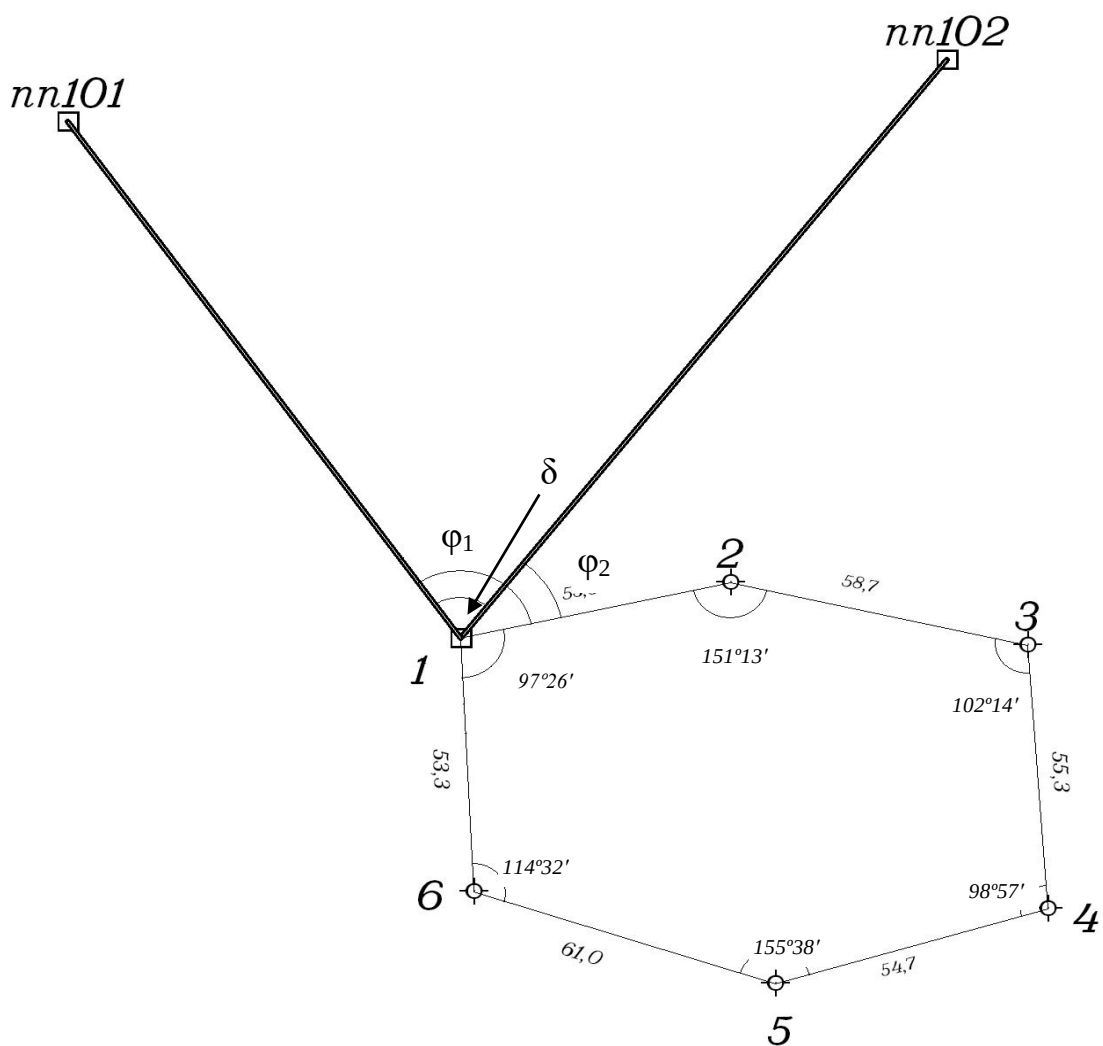


Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

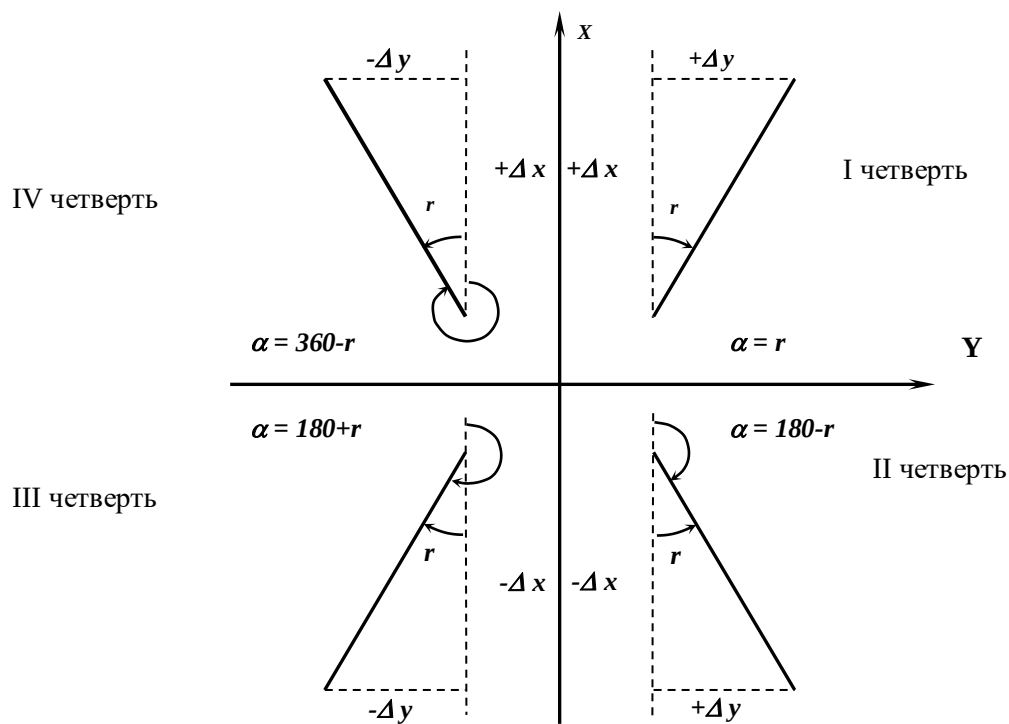


Рис. 3.2. Зависимости между дирекционными углами и румбами

Пример записи и вычислений дирекционных углов приведен ниже.

Таблица 2

Исходные данные

Название пункта	X, м	Y, м	H, м
1	3348,05	2238,25	271,36
пп101	4099,71	1639,28	282,40
пп102	4001,87	2581,51	290,24

$$r_{1-пп101} = \arctg \frac{Y_{пп101} - Y_1}{X_{пп101} - X_1} = \arctg \frac{1639,28 - 2238,25}{4099,71 - 3348,05} = \arctg \frac{-598,97}{751,66} =$$

$$= 38,54993965^\circ = 38^\circ 33' 00'' (\text{IV ч.});$$

$$\alpha_{1-пп101} = 360^\circ - 38^\circ 33' 00'' = 321^\circ 27'.$$

$$r_{1-пп102} = \arctg \frac{Y_{пп102} - Y_1}{X_{пп102} - X_1} = \arctg \frac{2581,51 - 2238,25}{4001,87 - 3348,05} = \arctg \frac{343,26}{653,82} =$$

$$= 27,69992196^\circ = 27^\circ 42' 00'' (\text{I ч.});$$

$$\alpha_{1-пп102} = 27^\circ 42' 00''.$$

$$\varphi_1 = 333^\circ 18' 00'';$$

$$\alpha_{1-2} = 321^\circ 27' 00'' + 333^\circ 18' 00'' = 294^\circ 45' 00''.$$

$$\varphi_2 = 267^\circ 05' 00'';$$

$$\alpha_{1-2} = 27^\circ 42' 00'' + 267^\circ 05' 00'' = 294^\circ 47' 00''.$$

$$\text{Средний } \alpha_{1-2} = 294^\circ 46' 00''.$$

3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий

Горизонтальные проложения необходимо знать для вычисления координат точек тахеометрического хода.

Вычисление горизонтальных проложений выполняют в ведомости вычисления отметок съемочного обоснования (таблица 3).

Из журнала измерения улов и длин линий выписывают среднее значения длин линий (S), полученные по результатам измерений в прямом и обратном направлениях, в графу 4 табл. 3 и углы наклона (v), измеренные в прямом и обратном направлениях, в графы 2 и 3 табл. 3. По этим данным вычисляют горизонтальные проложения с точностью до 0,01 м по формуле:

$$D = S \times \cos^2 v,$$

где S – среднее значение измеренной длины линии (графа 4), v – угол наклона линии в прямом направлении (графа 2), D – горизонтальное проложение (графа 5).

3.3. Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования

Вычисление отметок производится с точностью до 0,01 м в ведомости вычисления отметок (таблица 3).

По измеренным расстояниям и углам наклона вычисляют превышения между точками хода в прямом и обратном направлениях по формуле:

$$h = D \times \tan v.$$

Значения превышений с соответствующим знаком записывают в графы 6 и 7.

Расхождения в превышениях, полученных в прямом и обратном направлениях, допускаются не более 4 см на 100 м. Если это условие выполнено, то в графе 8 вычисляют средние превышения, сохраняя перед ними знак превышения из прямого хода. Сумму положительных и отрицательных значений превышений записывают в графе 8 внизу. Далее подсчитывают невязку по превышениям. Она равна сумме превышений замкнутого хода:

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}}$$

Допустимую высотную невязку вычисляют по формуле:

$$\text{доп. } f_h = \pm 0,2 \text{ м} \sqrt{\sum D(\text{км})},$$

где $\sum D$ сумма горизонтальных проложений хода (периметр в км).

Полученную невязку f_h распределяют между превышениями с обратным знаком пропорционально длинам линий по формуле:

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{\sum D} \times D_i.$$

Таблица 3

Вычисления отметок точек съемочного обоснования

№№ точек	Вертикальные углы		Длины сторон, м		Превышение, м				Отметки точек, м	№№ точек
	Прямо ° ' "	Обратно ° ' "	Измеренные, S	Горизонтальное проложение, D	Прямо	Обратно	Среднее	Исправленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1							-0,02		230,00	1
2	-2°01'	+2°02'	83,0	82,90	-2,92	+2,95	-2,94	-2,96	227,04	2
3	-5°24'	+5°25'	122,0	120,92	-11,43	11,46	-11,45	-11,48	215,56	3
4	+2°15'	-2°16'	98,0	97,85	+3,85	-3,88	+3,87	+3,85	219,41	4
5	+1°56'	-1°57'	120,0	119,86	+4,05	-4,09	+4,07	+4,04	223,45	5
6	+4°30'	-4°29'	100,5	99,88	+7,86	-7,83	+7,85	+7,83	231,28	6
1	-0°56'	+0°58'	76,5	76,48	-1,25	+1,29	-1,27	-1,28	230,00	1
				$\Sigma D = 597,89 \text{ м}$		$\Sigma h_{\text{cp}} (+) = +15,79$ $\Sigma h_{\text{cp}} (-) = -15,66$		$\Sigma = 0$		
							$f_h = +0,13$	Доп. $f_h = \pm 0,2 \text{ м} \cdot \sqrt{\Sigma D(\text{км})}$		
								Доп. $f_h = \pm 0,2 \text{ м} \cdot \sqrt{0,6} = \pm 0,15$		

Вычислил

Орлов

Проверил

Петров

Контроль: $\Sigma \delta = -f_h$

Величины поправок записывают в графе 8 над превышениями. В графу 9 записывают исправленные превышения.

Контроль: если исправленные превышения вычислены правильно, их алгебраическая сумма должна быть равна нулю.

По исправленным превышениям последовательно вычисляют отметки пунктов съёмочного обоснования по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + h_n,$$

где H_{n+1} – высота последующего пункта (м), H_n – отметка предыдущего пункта (м), h_n – превышение между смежными пунктами (м).

Контролем вычисления отметок является получение отметки исходной точки в конце вычислений.

3.4. Вычисление координат пунктов съёмочного обоснования

Вычисление координат производится в ведомости вычисления координат (таблица 4). В графу 1 ведомости выписывают номера вершин хода, в графу 2 – номера точек визирования. В графу 3 выписывают против соответствующих вершин средние значения измеренных горизонтальных углов. Значения горизонтальных проложений линий выписывают в графу 6 из таблицы 3.

3.4.1. Вычисление угловой невязки хода

Угловой невязкой f_β замкнутого тахеометрического хода называется разность между суммой измеренных горизонтальных углов $\Sigma \beta_{\text{изм}}$ и теоретической суммой внутренних углов плоского многоугольника $\Sigma \beta_{\text{теор}}$ т. е.

$$f_\beta = \Sigma \beta_{\text{изм}} - \Sigma \beta_{\text{теор}},$$

где $\Sigma \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \times (n - 2)$, n – число углов многоугольника.

Вычисленные значения $\Sigma \beta_{\text{изм}}$ и $\Sigma \beta_{\text{теор}}$ подписывают внизу графы 3.

Здесь же вычисляют величину допустимой угловой невязки по формуле:

$$f_{\beta \text{ доп}} = 2 \times t \quad (t = 0^\circ 0' 30'' \text{ – точность инструмента}),$$
$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' \sqrt{n}.$$

Таблица 4

Вычисление координат точек съёмочного обоснования

Номера точек		Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° ' "	Горизонтальные проложения, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
Стояния	Визиров	Измеренные ° ' "	Исправленные ° ' "			Вычисленные		Исправленные		X	Y
						ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	3			294°46'	82,90	+0,05	+0,08			3348,05	2238,25
2						+34,73	-75,27	+34,78	-75,19		
3	1	110°59'00"	110°59'	3°47'	120,92	+0,07	+0,12			3382,83	2162,06
	4					+120,64	+7,98	+120,71	+8,10		
4	2	123°09'00"	123°09'	60°38'	97,85	+0,06	+0,10			3503,54	2171,16
	5					+48,01	+85,32	+48,07	+85,42		
5	3	105°15'00"	105°15'	135°23'	119,86	+0,07	+0,12			3551,61	2256,58
	6					-85,35	+84,21	-85,28	+84,33		
6	4	117°58'00"	117°58'	197°25'	99,88	+0,06	+0,10			3466,33	2340,91
	1	-0°0'30"				-95,32	-29,90	-95,26	-29,8		
1	5	124°58'30"	124°58'	252°27'	76,48	+0,05	+0,08			3371,07	2311,11
	2	-0°0'30"				-23,07	-72,94	-23,02	-72,86		
	6	137°41'30"	137°41'	(294°46')	$\Sigma D = 597,89$					3348,05	2238,25
			$\Sigma \beta_{\text{исп}} = 720^\circ$			$f_x = -0,36$ $f_s = 0,85$	$f_y = -0,6$	0	0		

$$\Sigma \beta_{\text{изм}} = 720^\circ 01' 00''$$

$$\Sigma \beta_{\text{теор}} = 720^\circ 00' 00''$$

$$f_\beta = +1'$$

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{6} = \pm 2,4'$$

$$\frac{1}{\Sigma D \div f_s} = \frac{1}{703} < \frac{1}{300}$$

Вычислил Орлов

Проверил Петров

Если значение угловой невязки не превосходит допустимой величины, то ее распределяют поровну с обратным знаком между измеренными углами, с точностью до $30''$, т. е. вычисляют поправки к измеренным горизонтальным углам по формулам:

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}.$$

Если полученное значение поправки меньше $30''$, то угловую невязку вводят в наиболее слабое место тахеометрического хода (короткие стороны хода, горизонтальные углы $\leq 20^{\circ}$ или $\geq 150^{\circ}$, точки съёмочного обоснования, наиболее удаленные от исходных пунктов сети).

Контроль: $\Sigma \delta_{\beta} = -f_{\beta}$.

Поправки в измеренные углы подписывают над их значениями. Вычисляют исправленные горизонтальные углы

$$\beta_{\text{исп}} = \beta_{\text{изм}} + \delta_{\beta}.$$

Контроль: $\Sigma \beta_{\text{исп}} = 180^{\circ} \times (n - 2)$.

3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода

Вычисление дирекционных углов сторон хода производят по дирекционному углу начальной стороны и исправленным горизонтальным углам. Начальный дирекционный угол стороны 1-2 выписывают из решения привязки (см. раздел 3.1). В нашем примере $\alpha_{1-2} = 294^{\circ}46'$. Его записывают в графу 5 между точками 1 и 2. Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{\text{лев}} - 180^{\circ} - \text{для левых углов};$$

$$\alpha_{n-1} = \alpha_n - \beta_{\text{прав}} + 180^{\circ} - \text{для правых углов},$$

где α_{n+1} – дирекционный угол последующей стороны хода, α_n – дирекционный угол предыдущей стороны хода.

Контроль: полученный дирекционный угол первой стороны хода в конце вычислений должен быть равен исходному. С этой целью по дирекционному углу последней стороны и горизонтальному углу при вершине 1, которые ранее в вычислениях не участвовал, получают дирекционный угол начальной стороны ($\alpha_{1-2} = 294^{\circ} 46'$).

Вычисленные значения дирекционных углов сторон хода записывают в графу 5.

3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съёмочного обоснования

Приращение координат хода вычисляют по следующим формулам:

$$\Delta X_i = D_i \times \cos \alpha_i, \Delta Y_i = D_i \times \sin \alpha_i,$$

где D_i – горизонтальное проложения линий; α_i – дирекционные углы этих линий.

Вычисления производят с точностью до 0,01 м.

Вычисленные приращения координат записывают в графах 7 и 8.

Для замкнутого хода алгебраическая сумма приращений по каждой оси координат должна быть равна нулю:

$$\sum \Delta X = 0, \sum \Delta Y = 0.$$

Внизу графы 7 и 8 находят значения невязок f_x и f_y (по осям абсцисс и ординат), по формулам:

$$f_x = \sum \Delta X, f_y = \sum \Delta Y.$$

Невязки в приращениях координат обусловлены действием погрешностей измерения углов и сторон хода. Совместное влияние невязок приращений по осям координат характеризуется линейной невязкой в периметре:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Допустимую линейную невязку вычисляют по формуле относительной ошибки:

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} \leq \frac{1}{500},$$

где $\sum D$ – сумма горизонтальных проложений длин сторон хода (периметр).

Периметр ($\sum D$) подсчитывают в графе 6 и выписывают внизу. После проверки допустимости относительной линейной невязки $\frac{1}{\sum D \div f_s}$ распределяют невязки приращений координат f_x и f_y .

Невязки f_x и f_y распределяют с обратным знаком в каждое приращение координат пропорционально длинам сторон, т. е. вычисляют поправки к приращениям координат по формулам:

$$\delta X_i = -\frac{f_x}{\sum D} \times D_i, \quad \delta Y_i = -\frac{f_y}{\sum D} \times D_i,$$

и подписывают их над приращениями в графах 7 и 8.

В графах 9 и 10 записывают исправленные значения приращений координат:

$$\Delta X_{\text{ИСПР}} = \Delta X_i + \delta X_i, \quad \Delta Y_{\text{ИСПР}} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

Контроль: $\sum \Delta X_{\text{ИСПР}} = 0, \sum \Delta Y_{\text{ИСПР}} = 0$.

Далее, в графах 11 и 12 последовательно вычисляют координаты точек тахеометрического хода от координат начальной точки 1, используя исправленные приращения координат, по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{ИСПР}}, \quad Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{ИСПР}},$$

где X_n, Y_n – координаты предыдущего пункта, X_{n+1}, Y_{n+1} – координаты последующего пункта.

Контроль: вычисленные координаты начальной точки хода должны быть равны исходным (таблица 4).

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Инструменты и принадлежности для выполнения работ: теодолит, одна вешка, одна рейка, полевой журнал для тахеометрической съемки, абрисы, два карандаша, тахеометрические таблицы.

Тахеометрическую съемку ситуации и рельефа местности выполняют с пунктов съемочного обоснования в масштабе 1:500. На каждой станции измеряют расстояние, горизонтальный и вертикальные углы до съемочных пикетов, т.е. определяют полярные координаты каждой снимаемой точки (съемочных пикетов).

Все записи результатов измерений ведут в журнале тахеометрической съемки (таблица 5). В процессе съемки составляют абрис (рис. 4.1).

Особо важное значение при съемке имеет правильный выбор съемочных пикетов. При съемке ситуации рейку устанавливают на характерных точках контуров (углы зданий, изгибы дорог, рек, границы угодий, столбы электролиний и т. д.). При съемке рельефа рейку устанавливают на характерных точках и линиях рельефа местности (вершина холма, дно котловины, водораздел, тальвег, перегибы скатов, урезы воды).

Съемочные пикеты должны равномерно покрывать всю территорию съемки. Расстояние от точек съемочного обоснования до съемочных пикетов должно быть не более 80 м.

4.1. Работа на станции

Работу на станции выполняют в следующем порядке:

- теодолит центрируют над точкой с точностью до 1 см с помощью отвеса и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга;
- определяют МО вертикального круга на каждой станции, значение МО записывают в журнал тахеометрической съемки (таблица 5) для данной станции. Устанавливают визирную вежу на следующую по ходу точку съемочного обоснования. Направление на эту точку принимают за начальное (например: станция 1, направление на точку 2), ориентируют лимб по начальному направлению. Для этого, вращая алидадой, устанавливают отсчет на горизонтальном круге $0^{\circ}00'$. Затем алидаду закрепляют, открепляют лимб, наводят теодолит на выставленную вежу (на пункте 2). Далее лимб закрепляют до конца съемки на этой станции, а алидаду открепляют. Съемка ведется только при положении зрительной трубы круг «лево» (КЛ);

- рейкой измеряют высоту инструмента до 0,01 м, записывают ее значение в журнал и отмечают на рейке ярким шнурком ($i = 1,30$ м);
- рейку устанавливают на съемочный пикет;
- наводят теодолит на рейку, измеряют нитяным дальномером расстояние до рейки и записывают в журнал (1);
- наводят центр сетки нитей на высоту инструмента (шнурок), берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита и записывают в журнал (2), (3). Если на рейке отметки высоты инструмента не видно, то наводят центр сетки нитей на верх рейки и записывают на этом пикете высоту визирования ($v = 3$ м) в графу 8 таблицы 5.

4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки

В журнале указывают номер станции, начальное направление, МО, высоту инструмента i в метрах, отметку точки H_0 съемочного обоснования в метрах. В соответствующие графы журнала записывают результаты полевых измерений (расстояний, отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам). Затем вычисляют углы наклона на съемочные пикеты по формуле:

$$v = KЛ - МО.$$

Находят горизонтальное проложение D и превышение h' между точкой съемочного обоснования и съемочным пикетом по углу наклона и расстоянию из тахеометрических таблиц или по формулам, которые приведены в тахеометрических таблицах:

$$D = S \times \cos^2 v;$$

$$h' = D \times \tan v;$$

$$h = h' + i - v,$$

где D – горизонтальное проложение, S – измеренное нитяным дальномером расстояние, v – угол наклона, i – высота инструмента, v – высота визирования.

Знак превышения соответствует знаку угла наклона.

Отметку съемочного пикета вычисляют по формуле:

$$H = H_0 + h,$$

и записывают в графу 11 (таблица 5).

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Точка стояния 1

 $H_0 = 230,0 \quad i = 1,30$

Начальное направление 2

№№ пикетов	Расстояния по дальномеру, м	Отсчеты по кругам /КЛ/		Углы наклона ° '	Горизонтальн. проложения, м
		Горизонтальн. ° '	Вертикальн. ° '		
1	2	3	4	5	6
		0°00			
1	38,0	23°00'	352°59'	-7°00'	37,44
2	35,0	53°30'	355°06'	-4°53'	34,75
3	56,0	81°00'	356°06'	-3°53'	55,74
4	86,1	100°00'	356°36'	-3°23'	85,80
5	52,3	112°41'	358°47'	-1°12'	52,28
6	72,0	116°02'	354°23'	-5°36'	71,31
7	25,0	137°30'	352°34'	-7°25'	24,58
8	46,5	141°00'	355°17'	-4°42'	46,19
9	25,8	180°10'	349°39'	-10°20'	24,97

Таблица 5

$$MO = \frac{КЛ + КП - 180^\circ}{2} \quad (Т-30)$$

КЛ = 354°35'

КП = 185°23'

МО = - 0°1'

Дата 13.07.17.

Исполнитель Петров

 $v = КЛ-МО$

h' , м	Высота визиров v , м	$i-v$	Превышение $h = h' + i-v$	Отметки пикетов $H = H_0 + h$	Примечание
7	8	9	10	11	12
-4,60	1,30	0	-4,60	225,40	рельеф, дорога
-2,97	1,30	0	-2,97	227,03	рельеф, дорога
-3,78	1,30	0	-3,78	226,22	дорога
-5,07	1,30	0	-5,07	224,93	дорога
-1,10	1,30	0	-1,10	228,90	рельеф, луг
-6,99	3,00	-1,70	-8,69	221,31	рельеф, луг
-3,20	1,30	0	-3,20	226,80	обрыв, 2м
-3,80	1,30	0	-3,80	226,20	обрыв, 2м
-4,55	1,30	0	-4,55	225,45	обрыв, 2м

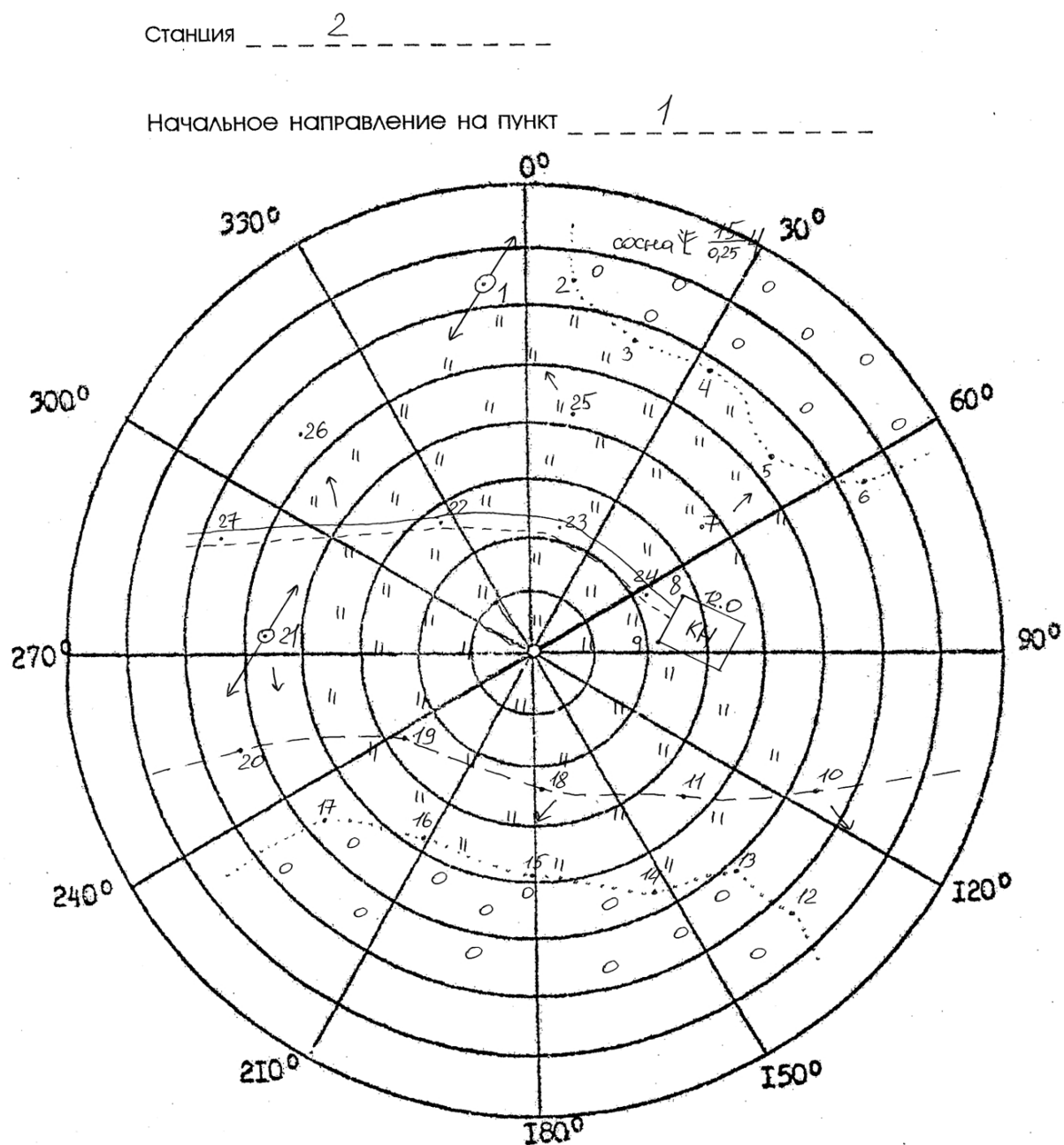
Вычислил

Проверил

4.3. Составление абриса

Абрис – это схематический чертеж участка местности, снимаемого с данной станции. Абрис составляют на каждой станции одновременно с заполнением журнала тахеометрической съемки (рис. 4.1).

При заполнении абриса центр окружности принимают за станцию, с которой выполняют съемку, один из радиусов за начальное направление (0°), расстояния между окружностями принимают равными 10 м. Каждый съемочный пикет намечают на абрисе точкой, рядом надписывают его порядковый номер.



АБРИС СОСТАВИЛ Назаров И.В.

Рис. 4.1. Абрис тахеометрической съемки на п. 1

При съемке следят за тем, чтобы нумерация съемочных пикетов на абрисе соответствовала нумерации этих же пикетов в журнале тахеометрической съемки. На абрис наносят все снятые контуры ситуации, сопровождая их пояснительными надписями и условными знаками. На абрисе стрелками показывают направление скатов.

Составление абрисов является ответственной частью тахеометрической съемки, т.к. он в дальнейшем используется для создания топографического плана. Его надо вести аккуратно, все записи делают четко, отточенным карандашом, прямолинейные контуры вычерчивать по линейке. Четкое ведение абриса способствует качественному составлению топографического плана. Абрис сдается вместе с журналом тахеометрической съемки.

Закончив съемку на станции, по абрису проверяют, все ли элементы ситуации и рельефы засняты, нет ли пропусков, достаточно взято ли съемочных пикетов. Съемочные пикеты должны быть расположены не реже, чем через 3 см в масштабе плана, т. е. через 15 м на местности (в масштабе 1:500), их количество зависит от сложности ситуации и сложности рельефа. Кроме того, проверяют, не сбилась ли во время съемки ориентировка теодолита. Для этого в конце съемки снова визируют зрительную трубу по начальному направлению и проверяют неизменность отсчета по лимбу. Допустимое отклонение должно быть не более 3'. Сделав такой контроль, переходят на следующую станцию.

5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

При тахеометрической съемке топографический план создается камеральным путем. Размер рамки для планов масштаба 1:500 принят 50×50 см. План составляют в масштабе 1:500 и оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500».

Составление плана выполняют в следующем порядке:

- вычерчивание координатной сетки;
- построение точек по координатам;
- нанесение ситуации и местности на план;
- оформление топографического плана.

5.1. Вычерчивание координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги А1, стороны сетки принимают равными 10×10 см. Координатную сетку получают путем ее переноса со стандартных сеток, изготовленных на картографической пленке, через световой стол.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должны превышать 0,2 – 0,3 мм.

5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам

Для построения пунктов съемочного обоснования по координатам в масштабе 1:500 сетку координат оцифровывают через 50 м. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. От него к северу надписывают абсциссы X , к востоку – ординаты Y . Координаты юго-западного угла плана выбирают так, чтобы тахеометрический ход разместился примерно в середине листа. Построение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате сетки располагается данная точка. Затем значение абсциссы откладывают по обеим сторонам квадрата и соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты Y . Полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом надписывают номер пункта планово-высотного хода и его отметку до 0,01 м (справа от пункта).

Построение пунктов съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения между двумя точками циркулем-измерителем откладывают на масштабной линейке и сравнивают с

расстоянием между соответствующими точками на плане. Допустимое расхождение этих величин не должно быть более $\pm 0,5$ мм.

5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план

Ситуацию наносят на план по данным журнала тахеометрической съемки и абрисов. Съёмочные пикеты наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления, а горизонтальные проложения – циркулем-измерителем по линейке. Справа от полученной точки подписывают отметку съёмочного пикета до 0,1 м, слева – ее номер. Руководствуясь абрисом и подписями, сделанными в примечаниях тахеометрического журнала, рисуют условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями. По отметкам точек проводят горизонталь с сечением рельефа через 1 м. Интерполирование горизонталей выполняют по тем направлениям, которые указаны в абрисе.

Окончив составление ситуации и рельефа на станции, приступают к нанесению съёмочных пикетов следующей станции.

Составленный план представляют на просмотр преподавателю. После просмотра и проверки по указанию преподавателя план оформляют.

5.3. Оформление топографического плана

Порядок оформления следующий:

- 1) Пункты опорной геодезической сети, пункты съёмочной сети, характерные высотные точки, ориентиры и местные предметы.
- 2) Гидрографическая сеть, урезы воды, подписи, относящиеся к гидрографии.
- 3) Населенные пункты.
- 4) Элементы линейной протяженности (границы контуров, дорожная сеть, электролинии, телефонные линии и др.).
- 5) Рельеф. При этом выделяют утолщенные горизонталь, расставляют бергштрихи, размещают надписи горизонталей, кратные 5 м, вычерчивают формы рельефа, не выражающиеся горизонталями (обрывы, ямы, скалы и др.).
- 6) Почвенно-растительный покров (виды угодий, которые ранее подписывались, теперь вычерчивают условными знаками).
- 7) Рамка и зарамочное оформление.

Во избежание пропусков после оформления план тщательно корректируют. Без разрешения преподавателя не следует стирать с плана

съемочные пикеты. Все оформление выполняется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Перечень сдаваемых материалов: журнал тахеометрической съемки, абрисы для каждой станции, топографический план.

6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ

Назначение нивелирования по оси трассы – определение отметок точек местности и построение профиля оси будущего инженерного сооружения.

Работы по нивелированию трассы состоят из следующих этапов:

- рекогносцировка трассы;
- разбивка пикетажа и поперечных профилей;
- нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям;
- камеральная обработка результатов нивелирования;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: нивелир Н-3 со штативом, две рейки, мерная лента, шпильки, колья или штыри для закрепления пикетов, молоток, нивелирный журнал, пикетажный журнал, карандаши.

6.1. Рекогносцировка трассы

Трассу выбирают с учетом следующих условий: число поворотов трассы должно быть минимальным, стороны трассы должны проходить на местности по возможности с малыми углами наклона.

В процессе рекогносцировки закрепляют вершины углов поворота (ВУ).

6.2. Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей

Стороны трассы измеряют стальной лентой (шпагатом), отмечая на трассе штырями или колышками пикеты – точки, отстоящие одна от другой на 100 м. Для трасс, проходящих по участкам со сложным рельефом, пикеты могут разбиваться через 50 м.

Количество пикетов на бригаду – 12, количество поперечников – 2.

Если угол наклона местности больше 2° , то расстояние между пикетами увеличивают на величину поправки за наклон. Около каждого пикета забивают сторожок – кол или штырь с табличкой, на котором пишут номер пикета и номер бригады.

Расстояние до плюсовых точек, намечаемых на перегибах местности и пересечении трассы с дорогами и ЛЭП, измеряют от младшего пикета и отмечают сторожками, например ПК 5 + 65.0 (рис. 6.1).

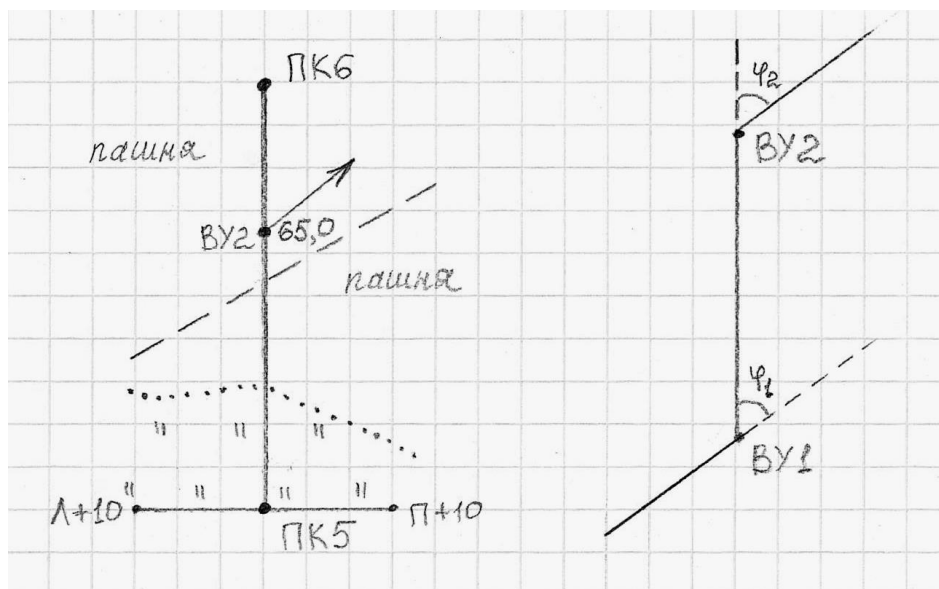


Рис. 6.1. Пикетажный журнал

Разбивают поперечные профили. Для этого перпендикулярно к оси трассы измеряют расстояние от оси трассы влево и вправо до точек перегиба местности. Концы поперечного профиля и точки перегиба отмечают сторожками, на которых надписывают расстояния от оси трассы с добавлением буквы Л (влево) или П (вправо) от оси трассы, например, Л + 10,0 или П + 5,0. Началом поперечного профиля может быть пикет или плюсовая точка. Его длину принимают по указанию преподавателя (10-20 м).

В процессе разбивки пикетажа ведут пикетажный журнал (рис. 6.1), в котором в масштабе 1:1000 показывают ось трассы, пикеты, плюсовые точки, поперечные профили, углы поворота, направление поворота трассы (стрелкой), на глаз зарисовывают контуры местности в полосе шириной по 20 м в обе стороны от оси трассы.

6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям

После выполнения проверок нивелира, результаты которых записывают на первой странице журнала, приступают к нивелированию по пикетажу. Нивелирование выполняют способом «из середины». Нивелирный ход привязывают к ближайшему реперу. На каждой станции хода две нивелирные точки являются связующими, с их помощью передают высоты по ходу. Остальные точки называются промежуточными. Как правило, связующими точками являются пикеты. Если превышение между пикетами больше длины рейки, то для передачи высот используют дополнительные связующие точки, называемые Х точками. Х точки закрепляют колышками или штырями. Между смежными пикетами может быть несколько точек Х, в зависимости от рельефа.

В качестве X точек можно использовать плюсовые точки. Примеры выбора станции и связующих точек показаны на рис. 6.2.

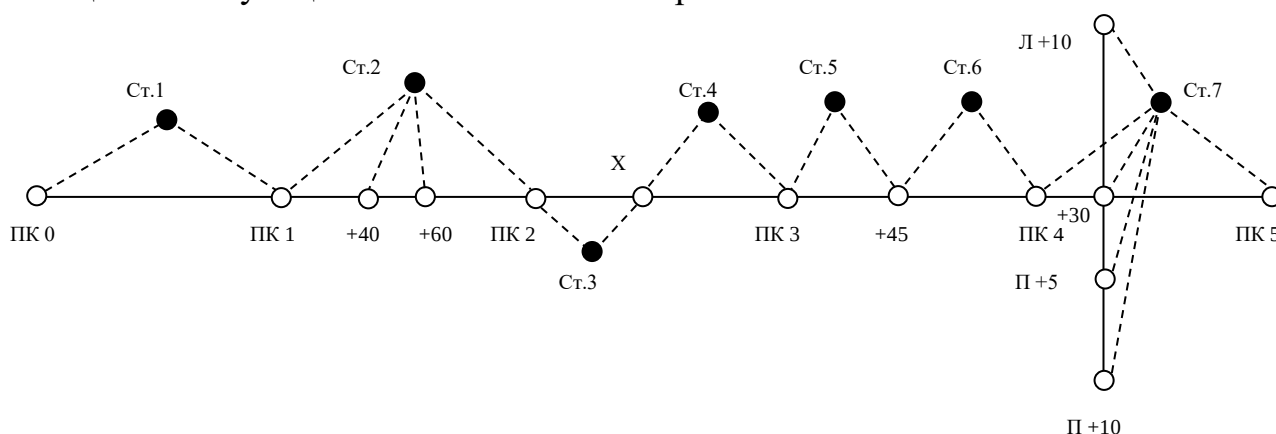


Рис. 6.2. Выбор станций при нивелировании трассы

6.4. Работа на станции при нивелировании

Все записи при нивелировании ведут в полевом журнале карандашом. Работу на станции производят в следующем порядке. Нивелир устанавливают примерно на равном расстоянии от связующих точек. Равенство расстояний определяют на глаз. На связующих точках на колышках устанавливают рейки.

Нивелир горизонтируют с помощью круглого уровня. Наводят трубу нивелира на заднюю рейку, совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по черной стороне рейки (1). Порядок записей и вычислений показан в таблице 6. Поворачивают рейку, проверяют точность совмещения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по красной стороне (2). Затем нивелир наводят на переднюю рейку, обязательно совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и снова берут отсчеты по черной и по красной сторонам рейки (3), (4).

При нивелировании все отсчеты и превышения записывают в миллиметрах.

Если отсчет по рейке больше 1 м, то рейку необходимо слегка покачивать вперед и назад. При этом в нивелир наблюдают и берут наименьший отсчет. Тут же на станции вычисляют превышения h по черной (5) и красной (6) сторонам реек по формуле:

$$h = 3 - П,$$

где 3 – отчет по задней рейке; П – отчет по передней рейке.

Эти превышения не должны отличаться более чем на 5 мм. При большем расхождении нивелирование связующих точек повторяют, несколько изменив высоту инструмента.

Если разность превышений, вычисленных на станции, не превосходит допуск, то вычисляют среднее превышение (7) до целых мм и записывают в графе 8 или 9.

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Прямой ход

№№ станции	Номер пикетов и промежут. точек	Отсчет по рейке			Превышения	
		задний	передний	промежут.	+	-
1	2	3	4	5	6	7
1	0-1	1861(1)	1363(3)		498(5)	
		6646(2)	6146(4)		500(6)	
2	1-2	0430(1)	0656(3)			226(5)
		5218(2)	5440(4)			222(6)
	1+40,0			2530(8)		
	1+60,0			2340(9)		
3	2-x	2830	420		2410	
		7615	5202		2413	
4	x-3	2131	720		1411	
		6915	5509		1406	
5	3-3+45,0	2752	151		2601	
		7535	4942		2593	
Σ		43933	30549		13832	448
		+13384			+13384	
					+6692	

Дата 27.07.02

Исполнитель Орлов

Среднее превышение		Горизонт инструмента	Отметки точек	Номера пикетов и пром. точек	Примечания
+	-				
8	9	10	11	12	13
+2 499(7)			127,115	0	
		128,046	127,616	1	
	+2 224(7)				
			125,516	1+40,0	
			125,706	1+60,0	
			127,394	2	
+2 2412					
+2 1408					
			131,218	3	
+1 2597			133,816	3+45,0	
6916	224				
+6692					

Вычислил Петров

Проверил Иванов

Одновременно с нивелированием связующих точек нивелируют плюсовые точки и точки поперечного профиля. Для этого после вычисления среднего превышения на станции рейку с задней связующей точками и точки поперечного профиля, устанавливают ее на землю у сторожков нулем вниз, берут по одному отсчету только по черной стороне рейки и записывают отсчет в графу 5 (8), (9).

После этого задний реечник переходит на следующую связующую точку, а передний остается на предыдущей связующей точке, наблюдатель переходит и выбирает следующую станцию. Если в районе трассы есть только один репер, к которому будет привязываться трасса, то для контроля нивелирования студенты на практике прокладывают обратный нивелирный ход, начиная нивелирование с последнего пикета. В обратном ходе нивелируют только связующие точки. Если есть возможность привязать последний пикет к реперу, то обратный ход не прокладывают.

Все записи в журнале должны быть выполнены аккуратно, без подчисток и исправлений. Неправильные записи зачеркивают, а в примечаниях пишут причину зачеркивания.

В полевом журнале дают схему привязки (рис. 6.3) и делают полевую привязку. Для этого выполняют нивелирование от репера до ПКО в прямом и обратном направлениях, вычисляют среднее превышение $h_{ср}$.

Решают привязку, т. е. вычисляют отметку ПКО ($H_{пко}$) по формуле:

$$H_{пко} = H_{Rp} + h_{ср}$$

$$h_{ср} = \frac{h_{пр} + h_{обр}}{2},$$

если привязка сделана по схеме (а).

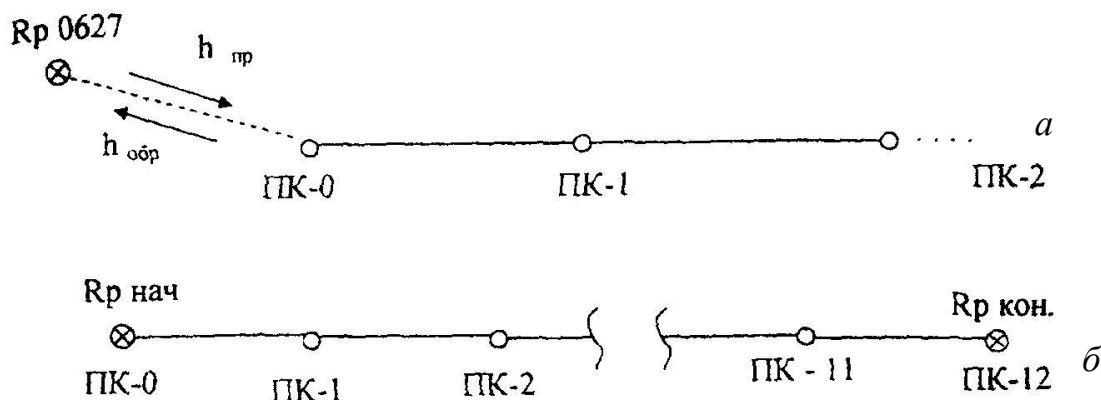


Рис. 6.3. Схемы привязки нивелирного хода:

а – висячий ход, б – разомкнутый ход

6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования

Камеральную обработку производят в таком порядке:

- обработка нивелирного журнала;
- построение профиля;
- проектирование по профилю.

6.5.1. Обработка нивелирного журнала

Для проверки правильности записей и вычислений в журнале производят постраничный контроль по формуле:

$$\sum Z - \sum \Pi = \sum h.$$

Для этого на каждой странице журнала находят: суммы отсчетов $\sum Z$, $\sum 4$ по графам 3, 4; суммы превышений $\sum 6$, $\sum 7$, $\sum 8$, $\sum 9$ по графам 6, 7, 8, 9 (таблица 6). Вычисляют величины:

$$\sum Z - \sum 4; \quad \sum 6 + \sum 7; \quad \sum 8 + \sum 9.$$

Соблюдение равенств:

$$\sum Z - \sum 4 = \sum 6 + \sum 7; \quad \frac{\sum 6 + \sum 7}{2} = \sum 8 + \sum 9,$$

показывает, что вычисления на данной странице сделаны верно. Аналогично производят контроль и на следующих страницах журнала. Суммируя величины $(\sum 8 + \sum 9)$ отдельно по прямому и обратным ходам, получают суммарное превышения $\sum h_{\text{прям}}$ – прямого и $\sum h_{\text{обр}}$ обратного ходов. Сумма величин $\sum h$ прямого и обратных ходов дает невязку f_h :

$$f_h = \sum h_{\text{прям}} + \sum h_{\text{обр}}.$$

Если ход пройден точками с известными отметками $H_{\text{нач}}$ и $H_{\text{кон}}$ (рис. 6.3, б), невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}).$$

Допустимое значение невязки вычисляют по формуле:

$$f_{h\text{доп}} = \pm \sqrt{L(\text{км})}, \text{ мм},$$

где L – длина хода (в километрах) от начального до конечного пикета. Вычисляют невязку в полевом журнале, на чистой странице.

Если полученная невязка больше допустимой, то нивелирный ход переделывают. Если полученная невязка допустима, то в случае (а) половину ее распределяют с обратным знаком поровну в превышения прямого хода, округляя при этом поправки до целых километров. Во втором случае (б), вся невязка распределяется поровну с обратным знаком на превышения между связующими точками. Поправки в превышениях δ_h вычисляют по формуле:

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n},$$

где n – число превышений.

Записывают поправки над средними превышениями в полевом журнале. Исправленные превышения определяют по формуле:

$$h_1 = h_{\text{ср}} + \delta_{h1}.$$

Из привязки хода к реперу вычисляют отметку нулевого пикета $H_{\text{ПКО}}$ (в нашем примере $H_{\text{ПКО}} = 127,115$ м). Записывают ее в графе (II) напротив нулевого пикета (0).

Зная эту отметку и исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки связующих точек по всему ходу:

$$H_1 = H_0 + h_1, \quad H_2 = H_1 + h_2 \dots$$

Получив отметку последнего пикета H_K , проверяют правильность вычислений по формуле:

$$H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}} = \sum h - \frac{f_h}{2} \quad (a) \text{ или } H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}} = \sum h - f_h \quad (б).$$

Вычисления в журнале заканчивают нахождением отметок промежуточных точек. Их вычисляют через горизонт инструмента ГИ. Горизонтом инструмента называют отметку визирного луча нивелира на данной станции. ГИ вычисляют по формуле:

$$\text{ГИ} = H + a,$$

где H – отметка связующей точки на данной станции; a – отсчет по черной стороне рейки на этой точке.

Пример: Для станции 2 в таблице 6:

$$\text{ГИ} = H_1 + a_1,$$

$H_{\text{ПК1}} = 127,616$ м, $a_1 = 0430$ мм – отсчет на ПК1,

ГИ = 128,046 м (записывают в графу 10 напротив станции 2).

Отметки промежуточных точек $H_{\text{ПРОМ}}$ находят вычитанием промежуточных отсчетов по рейке «с» из горизонта инструмента:

$$H_{\text{ПРОМ}} = \text{ГИ} - c.$$

На этой же станции находим:

$$H_{\text{ПК1}+40.0} = 128,046 - 2,530 = 125,516 \text{ м},$$

$$H_{\text{ПК1}+60.0} = 128,046 - 2,340 = 125,706 \text{ м}.$$

6.5.2. Построение профиля трассы

По вычисленным отметкам пикетов, плюсовых точек и точек поперечного профиля на координатной бумаге строят продольный и поперечный профили местности по трассе. Масштабы построения:

- для продольного профиля: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1:200;
- для поперечного профиля: горизонтальный 1: 200, вертикальный 1:200.

Последовательность построения профиля приведена ниже.

Первоначально вычерчивают сетку профиля. Название граф и размеры в миллиметрах показаны на рис. 6.4.

В графе «Расстояния» отмечают положения пикетов и плюсовых точек, выписывают расстояния между плюсовыми точками и пикетами. X точки не строят. Ниже этой графы выписывают номера пикетов.

Пользуясь пикетажным журналом, заполняют графу «План трассы», в которой показывают:

- а) ось в виде прямой линии красного цвета;
- б) ситуацию (по результатам съемки полосы местности) соответствующими условными знаками.

В графу «Фактические отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки всех пикетов и плюсовых точек с округлением до 0,01 м.

Выбирают и надписывают отметку условного горизонта, которая должна быть на 5-8 метров меньше самой низкой отметки по трассе.

В системе прямоугольных координат, где линия условного горизонта – ось расстояний, а вертикальная линия, проходящая через нулевой пикет – ось отметок, строят положение всех пикетов и плюсовых точек.

Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают продольный профиль местности по оси трассы. Все построения выполняют карандашом.

Над точками продольного профиля, которые служили началом поперечных профилей, строят сетки поперечных профилей (рис. 6.4).

Заполняют графы «Расстояния» и «Фактические отметки» так же, как это делалось при построении продольного профиля. Под сеткой надписывают пикетажные обозначения точек поперечного профиля.

Выбрав условный горизонт, строят положение точек поперечного профиля. Соединив полученные точки, получают поперечный профиль местности.

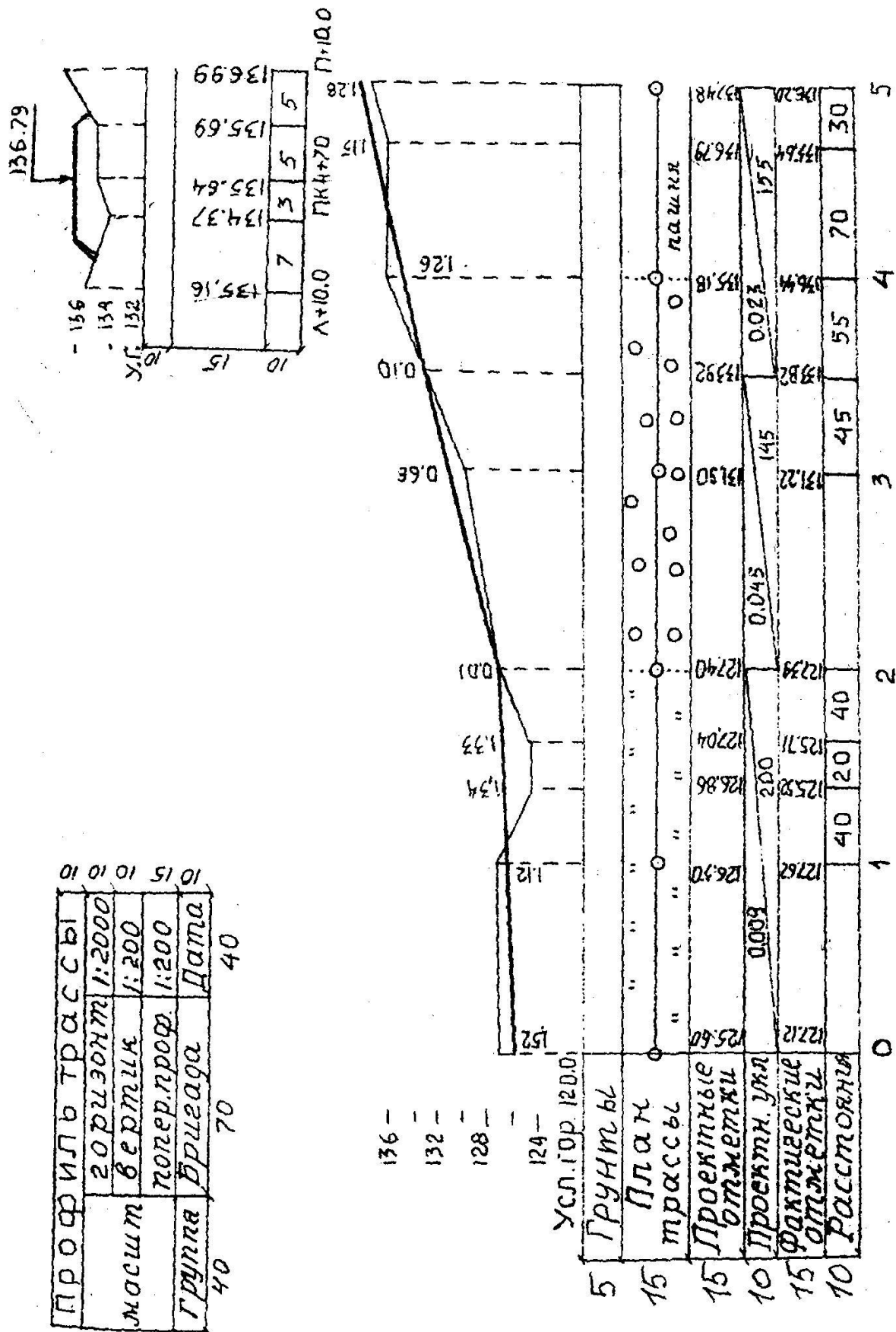


Рис. 6.4. Профиль трассы

Профиль местности – графический документ, позволяющий решать ряд инженерных задач.

6.5.3. Проектирование по профилю

На практике по продольному профилю студенты проводят проектную линию, которая будет являться профилем оси будущего инженерного сооружения (дороги, канала и т. д.). Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

- уклоны участков проектной линии не должны превышать допустимых значений (предельный уклон задается преподавателем);
- объем земляных работ должны быть минимальным;
- объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковы, т. е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;
- шаг проектирования принимают от 100 до 600 м;
- измерение уклона проектной линии можно производить на пикетах или плюсовых точках.

Проектная отметка ПК0 задается преподавателям или принимается равной фактической отметке этого пикета.

На рис. 6.4 проектная отметка ПК0 $H_0 = 125,60$ м участков проектной линии с разными уклонами намечено три: длиной 200, 145 и 155 м; измерение уклона проектной линии предусмотрено в двух точках: на ПК2 и на плюсовой точке ПК3+45,0 расчет и вычерчивание проектной линии производится в следующем порядке:

По профилю определяют приблизительно (с точностью 0,1 мм в вертикальном масштабе профиля) проектные отметки точек перелома и конца проектной линии:

$$H_2 = 127,4\text{м}; \quad H_{3+45.0} = 133,8\text{ м}; \quad H_5 = 137,4\text{ м}.$$

Вычисляют превышения по участкам проектной линии:

$$h_1 = H_2 - H_0 = +1,8\text{ м};$$

$$h_2 = H_{3+45.0} - H_2 = +6,4\text{ м};$$

$$h_3 = H_5 - H_{3+45.0} = +3,6\text{ м}.$$

вычисляют уклоны i – отношения превышений h к горизонтальным проложениям участков проектной линии d :

$$i = \frac{h}{d}.$$

$$i_1 = \frac{1,8}{200} = +0,009;$$

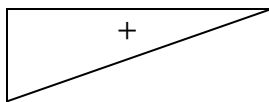
$$i_2 = \frac{6,4}{145} = +0,045;$$

$$i_3 = \frac{3,6}{155} = +0,023.$$

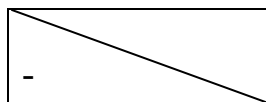
Полученные уклоны округляют до 0,001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

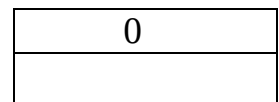
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (а), спуском (б) или горизонтальные (с) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.



(а)



(б)



(с)

По значениям округленных уклонов вычисляют и выписывают в соответствующую графу продольного профиля проектные отметки концов участков проектной линии по формуле:

$$H_{n-1} = H_n + i \times d.$$

Для нашего примера:

$$H_2 = 125,60 + 0,009 \times 200 = 125,60 + 1,80 = 127,40 \text{ м};$$

$$H_{3-45} = 127,40 + 0,45 \times 145 = 127,40 + 6,52 = 133,92 \text{ м};$$

$$H_5 = 133,92 + 0,023 \times 155 = 133,92 + 3,56 = 137,46 \text{ м}.$$

На профиле уточняют по вычисленным отметкам положение точек перелома и конца проектной линии, соединяют полученные отрезки линиями и получают проектный профиль оси будущего инженерного сооружения.

Вычисляют и выписывают проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек трассы по той же формуле (здесь «*d*» – это расстояние между пикетами, или расстояние от пикета до плюсовой точки). $H_1 = H_0 + i \times 100 = 126,50$ м, $H_{1-40} = H_1 + i \times 40 = 126,86$ м. Контролем вычислений служат выписанные проектные отметки конца участков проектной линии.

Вычисляют рабочие отметки как разности проектных и фактических отметок соответствующих точек профиля. Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше, а отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

В заключении по вычисленной отметке точки оси поперечного профиля наносят положение проектной линии на поперечном профиле. Над проектной линией выписывают ее отметку. Проектную линию наносят горизонтально, по 10м влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав

45°, ширина дна кювета – 0,6 м. Над продольным профилем вычерчивают штамп.

Перечень сдаваемых материалов: отчет по нивелированию (раздел в общем отчете по практике), пикетажный журнал, журнал нивелирования, профиль местности по оси трассы.

7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

На геодезической практике студенты выполняют следующие инженерно-геодезические задачи:

- вынос в натуру точки с заданными координатами;
- вынос на местность точки с заданной отметкой;
- вынос в натуру линии с заданным уклоном.

Проектные данные для выполнения этих задач (отметки, длины линий, уклон, координаты) задает преподаватель.

Подготовительные работы для решения инженерно-геодезических задач выполняются по топографическому плану масштаба 1:500, составленному студентами по результатам тахеометрической съемки.

Вынос проекта в натуру (геодезические разбивочные работы) осуществляются от имеющихся на участке пунктов геодезической сети с использованием следующих геодезических приборов: теодолита Т-30, нивелира Н-3 или Н-10, мерной ленты, рулетки.

7.1. Элементы геодезических разбивочных работ

Разбивочные работы можно представить как совокупность отдельных простых операций. Рассмотрим основные из них.

7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла

Над вершиной угла O устанавливают теодолит и ориентируют его лимб вдоль заданного направления OA . Вращением алидады откладывают проектный угол β и по направлению визирной оси трубы забивают колышек C_1 . Для исключения влияния коллимационной ошибки проводят трубу через зенит и откладывают величину угла β при другом положении вертикального круга, забивают колышек в точке C_2 . Расстояние C_1C_2 делят пополам, полученный угол AOC и будет проектным углом. После построения проектного угла производят контрольные измерения этого угла (см. рис. 7.1).

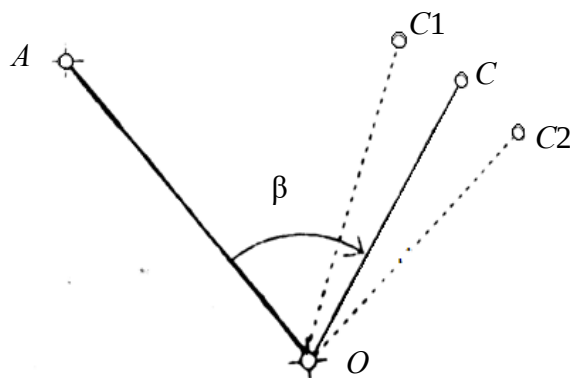


Рис. 7.1. Построение на местности проектного горизонтального угла

7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния

Для выноса проектного расстояния по заданному направлению мерной лентой откладывают наклонную длину, конец линии закрепляют кольшком. Для контроля длину линии измеряют второй раз – обратно. Наклонное проектное расстояние находят по формуле:

$$L = \sqrt{D^2 + h^2} ,$$

где D – горизонтальное проложение линии, м; h – превышение между точками концами линии, м.

D и h определяют по топографическому плану.

7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом)

На топографическом плане запроектирована буровая скважина (C), которую необходимо вынести в натуру от ближайших пунктов геодезической сети (в примере пункты 1 и 2 на рис. 7.2).

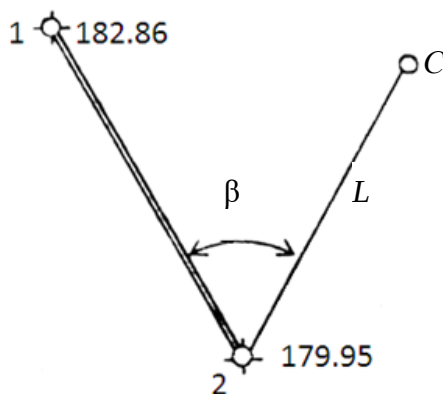


Рис. 7.2. Схема выноса в натуру запроектированной точки

Прямоугольные координаты и отметки пунктов геодезической сети 1 и 2 выписывают из ведомостей вычисления координат и высот точек съемочного обоснования, а координаты и отметку точки C студенты определяют графически с топографического плана (таблица 7).

Таблица 7

Исходные данные

	X	Y	H
1	3833,62	2950,42	182,86
2	3771,20	2838,80	179,95
C	3764,42	2858,20	184,50

Для переноса запроектированной точки в натуру применим способ полярных координат.

Вначале выполняют геодезическую подготовку проекта. Для этого необходимо вычислить разбивочные элементы, т. е. полярный угол β и полярное расстояние L по формулам:

$$\beta = \alpha_{2-C} - \alpha_{2-1},$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \arctg \frac{Y_C - Y_2}{X_C - X_2},$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \arctg \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2},$$

$$L = \sqrt{D^2 + h^2}, \quad D_{2-C} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \quad h = H_C - H_2,$$

где X_1, X_2, Y_1, Y_2 – прямоугольные координаты исходных пунктов; X_C, Y_C – прямоугольные координаты запроектированной точки C ; H_2, H_C – отметки точек 2 и C ; D_{2-C} – горизонтальное проложение линии 2 – C ; L – наклонное проектное

расстояние от пункта 2 до точки C; α_{2-C} , α_{2-1} – дирекционные углы линий 2-C и 2-1.

В нашем примере:

$$r(\alpha_{2-1}) = \operatorname{arctg} \frac{2950,42 - 2838,80}{3833,62 - 3771,20} = \operatorname{arctg} \frac{+111,62}{+62,42} = 1,78821 \text{ (1-я четверть),}$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \alpha_{2-1} = 60^\circ 47' 07''.$$

$$r(\alpha_{2-C}) = \operatorname{arctg} \frac{2858,20 - 2838,80}{3764,42 - 3771,20} = \operatorname{arctg} \frac{+19,40}{-6,78} = 2,86136 \text{ (2-я четверть),}$$

$$r_{2-C} = 70^\circ 44' 10''.$$

$$\alpha_{2-C} = 180^\circ - 70^\circ 44' 10'' = 109^\circ 15' 50'',$$

$$\beta = 109^\circ 15' 50'' - 60^\circ 47' 07'' = 48^\circ 28' 43'',$$

$$D_{2-C} = \sqrt{19,40^2 + 6,78^2} = 20,55, \text{ м,}$$

$$h = 184,50 \text{ м} - 179,95 \text{ м} = 4,55 \text{ м,}$$

$$L = \sqrt{20,55^2 + 4,55^2} = 21,05, \text{ м.}$$

Затем составляют разбивочный чертеж в масштабе топографического плана, на котором запроектирован объект (рис. 7.3).

На разбивочный чертеж наносят: пункты геодезической сети (1, 2); величины углов и линий, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектированной точки.

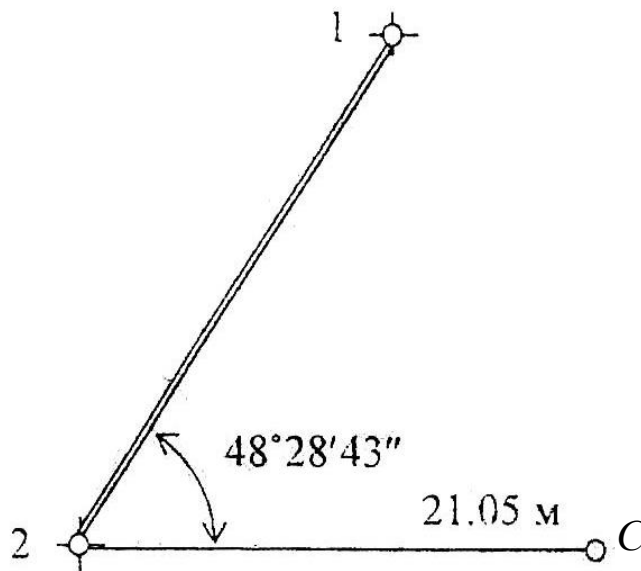


Рис. 7.3. Разбивочный чертеж

На местности в точке 2 устанавливают теодолит и способами изложенными выше (7.1.1, 7.1.2), отмеряют величины, указанные на разбивочном чертеже. Для контроля можно вычислить полярные координаты точки C от пункта 1.

7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой

От пункта геодезической сети A с отметкой $H_0 = 49,347$ м необходимо вынести на местность точку B с проектной отметкой $H_{пр} = 48,000$ м. Сначала точку B выносят и закрепляют на местности в соответствии с ее плановым положением.

Для выноса проектной отметки в точке B между исходной точкой A и проектной точкой B устанавливают нивелир (рис. 7.4).

Установив рейку на т. A , берут по ней отсчет a (пусть $a = 0,572$ м).

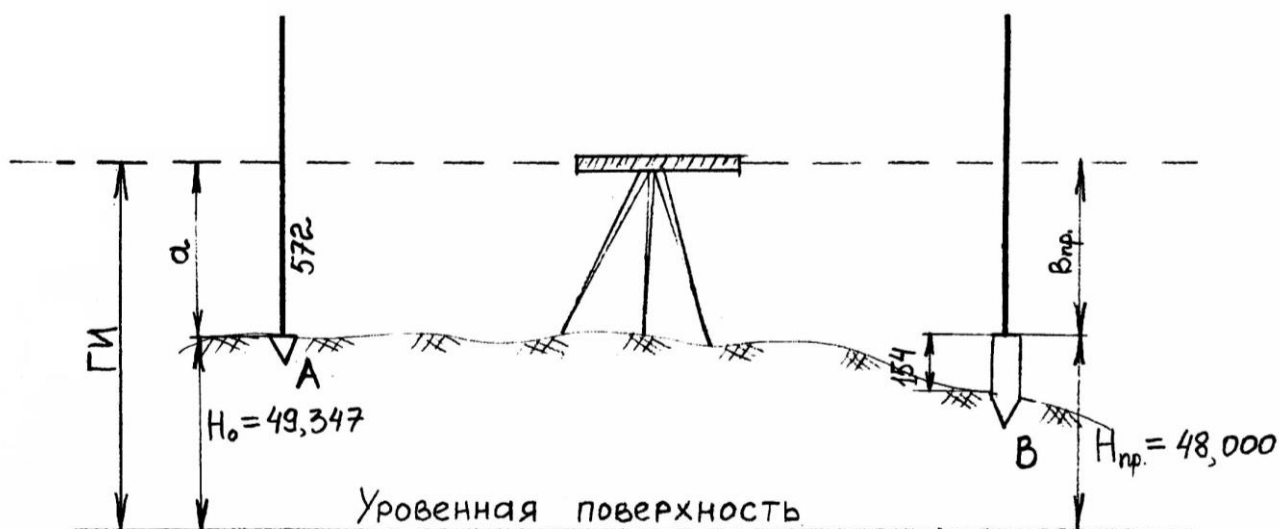


Рис. 7.4. Вынос в натуру точки с проектной отметкой

Определяют горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$\text{ГИ} = H_0 + a = 49,347 + 0,572 = 49,946 \text{ м.}$$

Вычисляют проектный отсчет по рейке $v_{\text{пр}}$, соответствующий проектной отметке точки В.

$$v_{\text{пр}} = \text{ГИ} - H_{\text{пр}} = 49,946 \text{ м} - 48,000 \text{ м} = 1946 \text{ мм.}$$

Затем, наблюдая в трубу нивелира по рейке установленной в точке В, забивают колышек на такую глубину, чтобы отсчет по рейке, установленной пятой на колышке, был равен вычисленному значению $v_{\text{пр}} = 1946 \text{ мм}$.

Допустим, отсчет по рейке в т. В равен 2100 мм, тогда $2100 - 1946 = 154 \text{ мм}$, это величина, на которую надо приподнять колышек, чтобы получить проектную отметку, соответствующую верху колышка.

7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном

От пункта геодезической сети А с отметкой $H_0 = 50,20 \text{ м}$ (рис. 7.5, а) требуется разбить линию длиной $D = 30 \text{ м}$ с уклоном $i = 0,040$.

Проектное направление линии выносят на местность, закрепляют точками, расположенными через 10 м (1, 2, В).

Вычисляют проектные отметки точек 1, 2, В по формуле:

$$H_{\text{пр}} = H_0 + i \times d,$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка точки, закрепленной на линии АВ; i – проектный уклон; d – расстояние от исходной точки А до определенной точки.

$$H_{\text{пр}1} = 50,20 + 0,040 \times 10 = 50,20 + 0,04 = 50,24 \text{ м};$$

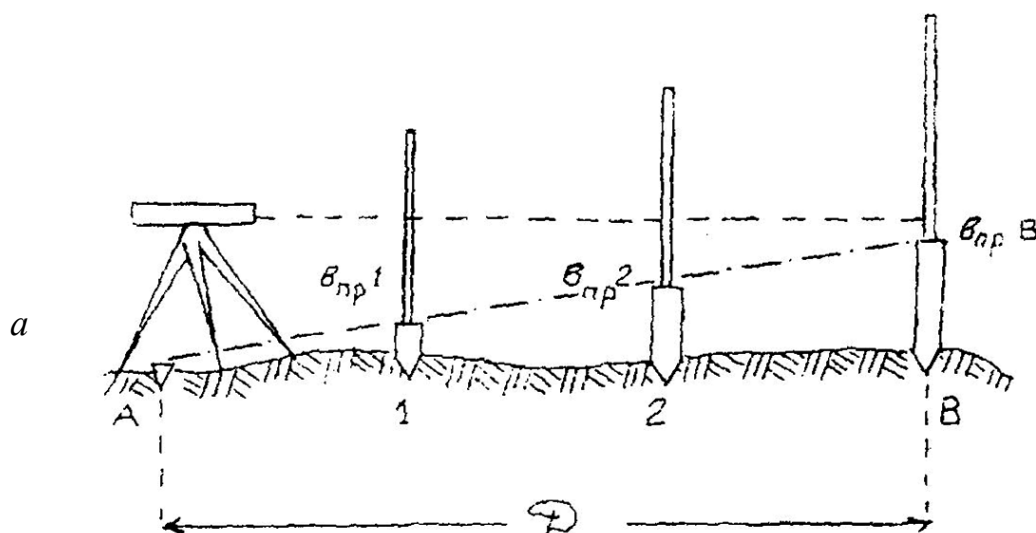
$$H_{\text{пр}2} = 50,20 + 0,040 \times 20 = 50,20 + 0,08 = 50,28 \text{ м};$$

$$H_{\text{прВ}} = 50,20 + 0,040 \times 30 = 50,20 + 0,12 = 50,32 \text{ м}.$$

Вычисленные проектные отметки точек 1, 2, В выносят в натуру изложенным выше способом. На рис. 7.5, а $v_{\text{пр}1}$, $v_{\text{пр}2}$, $v_{\text{прВ}}$ – проектные отсчеты по рейке в точках 1, 2, В.

При другом способе разбивки проектного уклона подъемными винтами нивелира наклоняют трубу нивелира до тех пор, пока отсчет по рейке на вынесенной проектной точке В не станет равен высоте инструмента. В результате линия визирования будет параллельна линии заданного уклона. Промежуточные точки линии определяют установкой рейки в точках 1 и 2 и получением на них того же отсчета, что и на точке В (рис. 7.5, б).

Материалы, прилагаемые к отчету в главе «Инженерно-геодезические задачи».



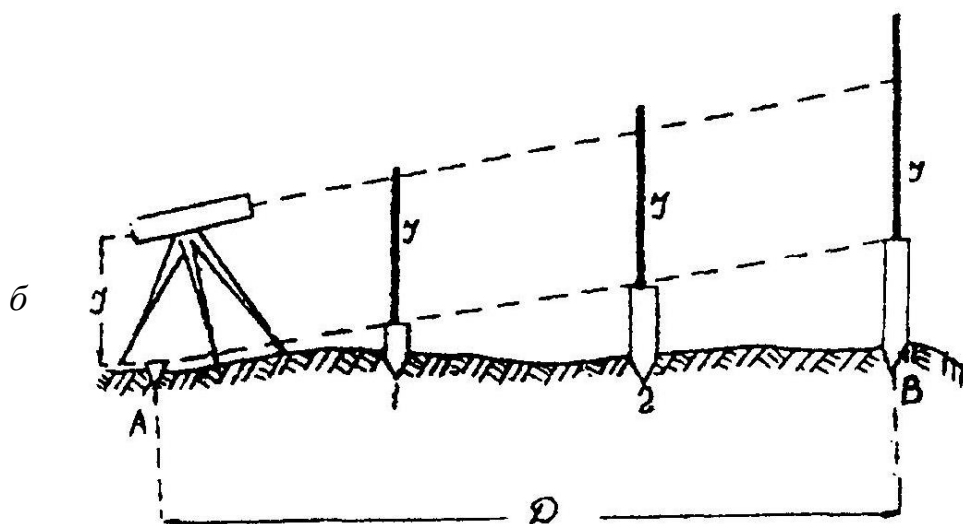


Рис. 7.5. Построение заданного уклона

В отчете по геодезической практике в главе «Инженерно-геодезические задачи» дается описание решения задачи, все вычисления по определению разбивочных элементов и разбивочные чертежи с указанием углов и длин, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектных точек; на топографическом плане бригады указывают проектные точки.

8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

По итогам геодезической практики студенты пишут бригадный отчет. Отчет оформляется на листах А-4. В отчете отражаются следующие вопросы:

- описание участка работ: местоположения, рельеф, растительность, гидрография, дорожная сеть, наличие населенных пунктов, промышленных предприятий и т. п.;
- виды геодезических работ, поверки приборов, камеральная обработка результатов полевых измерений, результаты и допуски;

- виды работ, выполненные отдельными студентами.

Содержание отчета:

1. Общие сведения.
2. Физико-географическая характеристика района работ.
3. Рекогносцировка местности и закладка центров.
4. Поверки теодолита.
5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний.
6. Вычисление координат и отметок съемочного обоснования.
7. Тахеометрическая съемка.
8. Поверки нивелира.
9. Геометрическое нивелирование.
10. Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы.
11. Решение инженерно-геодезических задач.
12. Вычерчивание топографического плана.

К отчету прилагаются:

1. Схема съемочного обоснования и привязки в произвольном масштабе (на схему выписывают средние значения измеренных углов и длин).
2. Журналы измерения углов и длин сторон.
3. Ведомости вычисления отметок точек съемочного обоснования.
4. Ведомость вычисления координат точек съемочного обоснования.
5. Журнал тахеометрической съемки.
6. Абрисы.
7. Топографический план масштаба 1:500.
8. Пикетажный журнал.
9. Журнал нивелирования.
10. Профиль местности по оси трассы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ 22268-76. Геодезия. Термины и определения.

ГКИНП-02-033-79. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.

Клепко В. Л., Назаров И. В. Геодезия: курс лекций. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 148 с.

СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.

Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Стандартный шрифт

Стандартный шрифт (по ГОСТу 2.304-81 – чертежный шрифт) пишется от руки с наклоном 1:3. Применяется для ведения записей в журнале и оформления документации.

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р

С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е ж з и й к л м н о п р с т

у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я

СХЕМА Профиль План

147°25' 638,9 70,241 139°57'

Студент Преподаватель

Вычислительный шрифт

Вычислительный шрифт имеет прямое начертание. Он применяется при полевых и вычислительных работах. Шрифт легко запоминается и читается, прост в исполнении.



Пирамида. Сигнал. Азимутный пункт. Широта и долгота.
Наблюдение горизонтальных углов. Исправленные углы.

4 152	4 3175	9.175 371	3.323 715	4 252.62	3 189.14
2 245	11 657	7 963.57	152 343.5	1.569 145	2 356.16
250° 41'	24° 32'	293° 38' 45"	225° 49'	31° 53' 47"	15° 24'

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А. Упоров



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ
Б2.Б.03(У) ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ
И НАВЫКОВ, Ч. 3.
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»**

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент;
Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры
геологии

(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 8 от 17.04.2019
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией
Факультета геологии и геофизики

(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 8 от 19.04.2019
(Дата)

Екатеринбург
2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе «Геология», который читается всем студентам Уральского государственного горного университета (УГГУ), предусмотрено проведение учебной геологической практики. Она является важной составной частью образовательного процесса, так как способствует формированию у студентов умения наблюдать, документировать и обобщать различного рода геологические факты. Все это – основа для закрепления теоретической части указанного курса. В итоге студенты приобретают определенную базу восприятия специальных учебных дисциплин геологического профиля.

Место проведения практики, которое включает обнажения в городе Екатеринбург и его окрестностях, в пределах листов О-41-XXV и О-41-XXXI, выбрано в связи с тем, что здесь на сравнительно небольшой площади расположены разнообразные объекты, которые характеризуются сложным геологическим строением и разнообразием горных пород и месторождений полезных ископаемых всех геодинамических обстановок, проявленных на Урале.

Студенты заочного обучения, работающие на предприятиях геологоразведочного и горного профиля с согласия преподавателя могут проходить учебную геологическую практику на своем предприятии, предварительно получив для этого разрешение руководства учреждения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Учебная геологическая практика после первого курса обучения студентов проводится в течение двух недель.

Цель практики: закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов по общей и исторической геологии путем изучения результатов эндогенных и экзогенных процессов в природе на природных геологических объектах и знакомство студентов с элементами документирования естественных и искусственных обнажений.

Задачи практики:

- ознакомление студентов с основами методики полевых геологических, геоморфологических и гидрогеологических наблюдений, с документацией полевых наблюдений, с некоторыми горнопромышленными предприятиями в окрестностях г. Екатеринбурга.

- обучение студентов свободному владению горным компасом при работе с картой и выполнении различных замеров на местности, документированию опорных разрезов, горных выработок и различных объектов при маршрутных наблюдениях, камеральной обработке полевых материалов и оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

- знать основные геологические структуры земной коры на территории Среднего Урала и геологическую историю их развития;

- иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, приводящих к образованию и преобразованию различных месторождений полезных ископаемых, о пространственно-временных основах геологии, базирующихся на методе актуализма, т. е. развитии процессов и геологических структур в пространстве и во времени;

- закрепить навыки и уметь определять минералы и горные породы как продукты различных геологических процессов; наблюдать и документировать обнажения и горные выработки, уметь вести абрис маршрута, полевую книжку; отбирать стандартные образцы для геологической коллекции; замерять элементы залегания горных пород и трещиноватости горным компасом, составлять фрагментарные геологические схемы и

планы, разрезы к ним; анализировать условия их залегания, возрастные взаимоотношения различных геологических образований как в обнажениях, так и на геологических картах и фиксировать все полученные материалы в геологическом отчете;

- отличать экзогенные процессы, обусловленные антропогенными факторами.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Геологическая практика должна проводиться квалифицированными специалистами, имеющими соответствующее образование. Как любые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный этап. В течение этого этапа со студентами проводятся лекции о целях и задачах экскурсий, формируются учебные бригады, собирается, закупается и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, саперная лопатка, складной нож, ручка, карандаш, офицерская линейка, медицинская аптечка) и документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки), позволяющие фиксировать полученные наблюдения. Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада. Полевой дневник должен иметь каждый учащийся. На подготовительном этапе дается форма дневника (полевой книжки) и другой геологической документации.

Для успешного проведения геологических экскурсий заранее необходимо осуществлять ряд мероприятий, направленных на строгое выполнение правил по технике безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр всех экскурсантов и сделать предохранительные прививки.

Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов непосредственно перед проведением экскурсий с правилами техники безопасности с росписью в соответствующей ведомости. Экскурсанты должны усвоить правила техники безопасности при 1) проведении маршрутов, 2) использовании автотранспорта, 3) обеспечении питьевой водой, 4) оказании доврачебной помощи.

В *полевой этап* проводятся геологические маршруты на хорошо обнаженные геологические объекты, сложенные различными метаморфическими, осадочными и магматическими породами; на месторождения полезных ископаемых различного генезиса.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических объектов с теми или иными явлениями и процессами.

Выполнение маршрутного задания, прежде всего, зависит от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригад перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за составление абриса маршрута и привязку обнажений, другие за работу с горным компасом, за отбор образцов горных пород, фотографирование геологических объектов и т.д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов. Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса. Количество их и содержание определяется целями и задачами, планом обучения и программой геологических экскурсий.

Практически во многих случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими геологическими процессами и объектами. Целесообразность таких маршрутов обусловлена выявлением взаимосвязи отдельных геологических процессов и явлений. Например, в одном маршруте полезно проследить связи между формами рельефа, литологией пород и тектоникой района,

выходами подземных вод на поверхность и определенным стратиграфическим горизонтом, выветриванием и составом горных пород и т.д.

Необходимо особенно подчеркнуть, что *геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно*. Это означает, что после описания какого-либо объекта или процесса наблюдение за ним (ними) не прекращается, а продолжается в процессе всего маршрута.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, осуществление тектонических, геоморфологических и других наблюдений и записи в полевой книжке проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Тн). По характеру изучаемых явлений "Тн" можно условно разделить на три вида: изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных вод, выветривания и т.д.), изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях и, наконец, наиболее частый случай, когда исследуется и те, и другие вопросы. Остановка на "Тн" даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы на такой точке породы были хорошо обнажены, легко доступны для наблюдения и вместе с тем обладали чертами, существенными для понимания строения района.

При остановке на "Тн", прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (по компасу, солнцу, часам или другим способом) и определить нахождение точки не карте и местности, т.е. дать адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии (вершины гор, характерные излучины рек, устья ручьёв) или глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной "Тн" на карту под соответствующим номером (нумерация точек должна быть сквозная).

Изучая на точке геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления – геоморфологию, гидрографию, тектонику и т.д. Переходя к описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине и тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажения в русле рек, стенки и забои карьеров или шурфов и т.д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание даётся либо в обобщенном виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачку снизу вверх (рис. 1). В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика главных отличительных и генетически важных свойств пород: текстура, структура, минеральный состав, различные неоднородности, тектонические дислокации. В описании указываются элементы залегания слоистости, сланцеватости, крыльев складок или плоскостей сместителя и т.д. Отмечаются места взятия образцов и их нумерация. На левой стороне пикетажной книжки делаются зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании пород целесообразен следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, студенты должны внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты или метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. Руководитель консультирует и направляет работу, как отдельных студентов, так и всей группы, и в итоге устанавливается общая картина обнажения. После этого делают полное описание, а затем схематическую зарисовку обнажения, которая дублируется фотографированием. При необходимости делают зарисовки и фотографии деталей обнажения.

В первых маршрутах и при изучении принципиально новых объектов преподаватель должен сам давать соответствующие описания. Позднее, когда школьники овладеют определёнными навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своём полевом дневнике на

данной "Тн". Остальные участники делают замечания и дополнения. Преподаватель обобщает все сказанное и формулирует данные для общей записи.

Камеральный этап. Камеральные работы проводятся последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на составление отчёта и его защиты.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов;
- оформление рисунков к отчёту, изготовление и описание стратиграфических разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий, их ретуширование, при необходимости вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород и минералов, уточнение наименований окаменелостей с использованием атласа руководящих форм, составление раб-очей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчёта;
- защита отчёта.

Главная цель написания отчёта - овладение навыками анализа и обобщения геологических наблюдений и умение геологически грамотно изложить результаты такого обобщения в отчёте, правильного подбора и изготовления графических приложений, составления списка литературы.

2.1. Документация при ведении геологических маршрутов

Обилие различного рода информации, получаемой в результате геологических исследований, разнообразие форм и методов обработки делают задачу систематизации и унификации первичных геологических данных чрезвычайно важной

Первичная геологическая документация при ведении геологических маршрутов включает: 1) дневники (полевые книжки); 2) формы регистрации каменного материала - журналы образцов, проб и др.; 3) этикетки; 4) зарисовки обнажений, горных выработок, керны скважин, отдельных деталей геологических тел и т.п.; 5) фотографии естественных и искусственных обнажений и их деталей.

Ко всем видам первичной геологической документации предъявляются единые требования к её оформлению;

1. Все записи должны делаться максимально разборчиво, с тем, чтобы не создавать затруднений при их чтении.

2. Записи должны иметь стандартную форму и строгую последовательность перечисления признаков описываемого объекта.

3. Записи производятся простым карандашом или шариковой ручкой. Использование химических карандашей и чернил всех видов (в том числе фломастеров) воспрещается.

4. Во всех формах документации во избежание затирания записей следует оставлять поля с внешней стороны листа.

5. Рекомендуется все данные о номерах наблюдений, образцов, проб и элементах залегания выделять из текста отдельной строчкой или условным знаком (если для них не предусмотрена фиксация в специальных графах формы документации).

6. Все страницы дневников, пикетажных книжек и других сброшюрованных форм документации должны иметь сквозную нумерацию.

Дневник (полевая книжка) — основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых, геоморфологических и др.). Он изготавливается в виде книжки в твердом переплете, покрытом дермантином или другим материалом, предохраняющем ее от сырости,

механических или иных повреждений. Рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительности и почвенного покрова.

Задняя крышка обычно имеет клапан, закрывающий торец книжки. На третьей странице обложки иногда изготавливается карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 на 15-18 см (для кармана полевой одежды) до 13-15 на 20-22 см (для полевой сумки). Большие форматы не рекомендуются вследствие неудобства для использования в маршруте, меньшие - как неоправданно дробящие запись на чрезмерно короткие строки и затрудняющие ее чтение.

Рекомендуемый объем дневника - 100-130 листов. Дневник должен изготавливаться из хорошей бумаги и нескольких листов кальки, миллиметровки.

На обороте переплета может помещаться перечень признаков, обязательных для наблюдения.

Титульный лист дневника должен содержать название организации, экспедиции (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исполнителя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдений и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На первой странице помещается оглавление дневника.

На второй странице помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведется запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т.п. указывается день, месяц, год и цель работы. Описание каждой точки наблюдения начинается с красной строки. Привязка точки к местности или предыдущей точке помещается рядом с её номером и образует вместе с ним отдельную строку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками, номера образцов и проб подчеркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерение элементов залегания, радиоактивности, содержание химических элементов выделяются отдельной строкой.

На левой стороне дневника помещаются вспомогательные записи, облегчающие пользование документацией. На неё выносятся все номера образцов, проб и других видов каменного материала, номера фотографий (с указанием их содержания), могут выноситься также элементы залегания. На этой же стороне помещаются зарисовки геологических объектов и их деталей, а также различные схемы для обнажений (отбора образцов и проб, расположение рисунков и фотографий и т.п.) для участков (расположение геологических тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок). Здесь же излагаются предположения и соображения исследователей, возникающие в процессе наблюдения, но требующие дальнейшего подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяженность маршрута в км.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником (старшим геологом) партии (отряда, участка).

Формы регистрации каменного материала. Регистрация каменного материала начинается при документации геологических объектов и продолжается в течение всего процесса геологических работ и фиксируется в журнале образцов.

Журнал образцов предназначен для регистрации всех видов образцов и проб, взятых на протяжении полевого периода во время маршрутов, при описании обнажений, горных выработок и предназначенных для любых производственных и научных целей (изготовление шлифов и аншлифов, определение органических остатков, производство разнообразных анализов).

Журнал образцов заполняется непосредственно после маршрута или, если количество взятых образцов не велико, в камеральный день, но не реже одного раза в неделю. Журнал образцов заполняется шариковой ручкой. Желательно, чтобы записи в нем вел один и тот же сотрудник.

Этикетки для образцов рекомендуется печатать на плотной бумаге и брошюровать в виде книжек по 25-50-100 листов; обычный формат этикетки 10x10 или 10x13 см. В разделе "место взятия" для образцов из обнажений и высыпок указывается привязка к точке наблюдения, для скважин - интервал отбора, для горных выработок - глубина или интервал (в канавах) отбора. Этикетки заполняются на месте взятия данного образца. Заполнение этикетки обязательно для рыхлых и слабоцементированных пород. Для крепких пород в полевых условиях допускается подписывать только номер тушью или шариковой ручкой на лейкопластыре, наклеенном на образце. Такая маркировка рациональна, в особенности при отборе ориентированных образцов, когда кроме номера необходимо указывать ориентировку образца. В отдельных случаях допустимо также нанесение маркировки непосредственно на образец. С этой целью могут быть использованы баллончики с тушью (например, "Kaalmar") или цветной (предпочтительно красный) карандаш. В дальнейшем на каждый образец заполняется этикетка.

Номер образца дублируется на бумаге, в которую завернут образец, или на геологическом мешочке. Для образцов, взятых из скважин и горных выработок, указывается также глубина или интервал отбора.

Отдельная этикетка составляется для каждого шлифа. Размеры этикетки шлифа 6x5 см.

Самостоятельные формы этикеток размером 13x10 см рекомендованы для проб, отобранных из горных выработок, извлеченного керна и шлиховых проб.

Регистрационные данные отмечаются также на капсуле для хранения шлихов. Для капсул используется прочная бумага. При разделении шлиха на фракции используется капсула стандартных размеров - 16x22 см. Для отмытого неразделенного шлиха предпочтительнее использовать капсулу формата 21x30 см (размер стандартного листа) либо других размеров, соответствующих реальному объему шлиха.

Альбомы зарисовок и фотографий. Альбом для зарисовок изготавливают из плотной белой бумаги типа чертежной. Его размер не должен превышать 18x24 см. Такой размер позволяет делать достаточно крупные и детальные зарисовки, удовлетворяющие всем предъявленным к ним требованиям.

Альбом не должен содержать более 25 листов, так как со временем, при работе в полевых условиях, он неизбежно загрязняется, и зарисовки, выполненные ранее, могут быть испорчены. Рационально иметь в распоряжении несколько альбомов и заменять их по мере накопления зарисовок.

Альбом заключают в жесткий переплет из дермантина или из плотной материи типа коленкора. Задняя крышка переплета должна иметь клапан шириной около 5 см. На внутренней стороне переплета, на сгибе между внутренней крышкой и клапаном - гнездо для карандаша.

Первая страница альбома - титульный лист. В исключительных случаях для зарисовок могут быть использованы "альбомы для рисования", выпускаемые промышленностью.

Зарисовки выполняются только на одной (правой) стороне листа, где помещаются также все необходимые надписи и пояснения.

Страницы альбома должны иметь сквозную нумерацию. Каждому рисунку присваивается порядковый номер. Номера фотографий и их содержание, как указывалось выше, фиксируется в полевом дневнике. Специальной формы документации для них не предусматривается.

При наиболее ответственных съемках рекомендуется делать в дневнике записи о чувствительности пленки, диафрагме, выдержке, характере погоды и времени съемок.

2.2. Маршрутные наблюдения

Наземные маршруты в обнаженных районах дают основную массу данных по составу геологических тел и признакам полезных ископаемых. Они включают описание рядовых обнажений и промежутков между обнажениями, в которых наблюдения ведутся по высыпкам.

Описание маршрута состоит из следующих частей: 1) дата маршрута, 2) номер маршрута, 3) привязка района маршрута, 4) характеристика ожидаемых объектов наблюдения и цель маршрута, 5) привязка начала маршрута, 6) описание маршрута, 7) выводы по маршруту.

Номер маршрута обычно дается каждым исполнителем на протяжении всего сезона, однако если в дальнейшем намечается обработка на ЭВМ, необходимо каждому исполнителю выделить свою серию номеров.

Привязка района маршрута дается в таком виде чтобы его легко можно было находить на карте фактического материала. С этой целью указывается участок района, где проводится маршрут (бассейн реки, ручья, район крупной высоты, урочище и т.п.). Обязательно наличие всех таких названий на топографических картах. При проведении работ с применением аэрофотоматериалов в привязке указывается номера аэрофотоснимков, на которых расположен маршрут. Для маршрутов, проводимых на нескольких геодезических трапециях, обязательно указание номенклатуры трапеции. Для обработки материалов на ЭВМ привязка района маршрута дается в виде указания координат начала и конца его.

Привязка начала маршрута дается по отношению к четко определенным элементам рельефа и постоянным элементам топографической ситуации, созданным деятельностью человека (дороги и т.п.). В тех случаях, когда маршрут ведется с использованием аэрофотоснимков, привязка начала маршрута проводится после ориентирования и накола начальной его точки на аэрофотоснимке. Допустимо указание координат начальной точки.

Описание маршрута включает фиксацию всех наблюдений, проводимых над геологическими объектами, геоморфологическими элементами и т.д., а также выводов, к которым приходит геолог в процессе маршрута. По ходу маршрута описываются геологические образования и тектонические элементы, осуществляются поиски полезных ископаемых и сборы остатков ископаемой флоры и фауны, собираются материалы для выяснения природы расположенных в зоне маршрута контуров, отдешифрированных на аэрофотоснимках и других дистанционных материалах, геофизических и геохимических аномалий (их связь с геологическими телами, структурами и вещественным составом тел), отбираются необходимые образцы, пробы и т.д. Обязательно проверяются результаты дешифрирования аэрофотоснимков и интерпретации геофизических данных.

Каждая точка наблюдения включает запись на точке и запись по ходу между точками. Рекомендуется сначала записывать наблюдения на точке, а затем наблюдения по ходу следующей точки. В этом случае наблюдение на точке будет своего рода выводом из наблюдений по ходу. Таким "выводом" может быть, например, фиксация резкой смены пород в высыпках, другого стратиграфического подразделения, чем наблюдавшееся по ходу, обнаружение обнажения, в котором видны складки и т.п.

Выводы по маршруту завершают описание. Ими могут быть обобщенная характеристика состава изученных отложений, вывод о взаимоотношении интрузивов, толщ, разрывов, складок и т.п., об их генезисе, о перспективности признаков полезных ископаемых и др.

2.3. Документация обнажений

Документация естественных и искусственных обнажений является одним из основных источников геологической информации, в первую очередь сведений о составе геологических тел и горных пород и условиях их залегания. В соответствии с этим большое значение имеет степень единообразия геологического описания и соответствие его унифицированной схеме, обеспечивающей сопоставимость данных, полученных различными исследователями.

Геологические наблюдения всегда в той или иной мере специализированы применительно к специфике горных пород и геологических тел, слагающих изучаемый район, и образуемых ими структур.

Со времен выхода в свет "Полевой геологии" В.А. Обручева сложился перечень геологических признаков, отражающих минимально необходимый набор сведений об исследуемом объекте и подлежащих обязательному фиксированию в геологической документации. Модификации таких перечней в настоящее время легли в основу формализованной документации, ориентированной на решение задач автоматизированной обработки данных на ЭВМ.

Составление унифицированной схемы описания изучаемых объектов является обязательной частью подготовки к полевым работам. Наличие такой схемы обеспечивает необходимую полноту документации, а тем самым и ее качество.

Требования единой системы первичной документации, удобной для практического использования, диктуют также необходимость единообразной структуры записи. Схему последовательности описания целесообразно иметь каждому геологу в виде краткой памятки, которую следует помещать в качестве вкладки в полевом дневнике.

В описаниях геологических наблюдений можно выделить несколько смысловых полей:

- описание горных пород,
- описание сочетаний горных пород в пределах обнажения,
- описание залегания горных пород,
- выводы.

Описание горных пород имеет последовательность: название породы, структура, цвет, степень литификации, минеральный состав, морфология зерен, текстура, включения, прожилки, органические остатки, конкреции и секреты, контактовые поверхности геологических тел, отдельность, прочие характеристики - элементы залегания пластов в осадочных, потоков в эффузивных и сланцеватости в метаморфических породах, мощность осадочных слоев, потоков эффузивных и пластов метаморфических пород, а также характер эпигенетических изменений.

Описание сочетаний горных пород должно предусматривать характеристику признаков, перечень которых может изменяться в зависимости от того, какой тип пород является объектом исследования.

Осадочные породы:

- а) чередование пород по вертикали в виде послойного описания;
- б) переходы пластов по простирацию;
- в) мощность каждого пласта или обобщенная характеристика;
- г) характер поверхностей напластования;
- д) соотношение выше- и нижележащих пластов - залегание согласное, согласное с размывом или несогласное.

Вулканогенные породы:

- а) чередование пород по вертикали;
- б) смена пород по горизонтали;
- в) мощность каждого пласта или потока или ее обобщающая характеристика;
- г) характер граничных поверхностей между пластами или потоками;

д) соотношение выше- и нижележащих пластов и потоков. Интрузивные породы - контакты и переходы разновидностей пород и их изменение на контактах.

Жилы и прожилки:

- а) сочетание между собой;
- б) изменения вмещающих пород на контакте;
- в) выдержанность жил и прожилков и их мощность.

Для рыхлых отложений следует давать описание в следующем порядке:

- а) название, размеры, минералогический состав и форма зерен, их соотношение по размеру;
- б) цвет и запах;
- в) наличие, содержание, размер и форма неорганических включений;
- г) наличие и характер органических остатков;
- д) влажность и плотность;
- е) консистенция (для минеральных отложений) и степень разложенности (для торфов) - признаки особенно важные при гидрогеологических и инженерно-геологических работах;
- ж) степень карбонатности основной части грунта и включений;
- з) структура и текстура отложений.

Описание залегания горных пород включает измерение элементов залегания, характеристику складок, разрывов и т.д.

Измерение элементов залегания документируется в виде сокращенной записи азимута и угла падения, например, аз. пад. 340^0 , $\angle -30^0$, или при вертикальном залегании - азимута простираения и угла падения, например, аз. прост. $340^0 \angle 90^0$. Точность измерения в складчатых областях 5^0 для азимута и $2-3^0$ для угла. При изменчивых углах падения или отсутствии уверенности в единообразии элементов залегания во всем обнажении и отсутствии видимых складок обязательно измерение в разных частях обнажения для определения среднего залегания с точностью до $4-5^0$. Таких измерений необходимо сделать не менее 4-5. Разброс измерений в $20-30^0$ обычно свидетельствует о наличии складок. Вычисление средних элементов залегания в этом случае недопустимо и должна быть составлена схема элементов залегания в обнажении. Словами отмечается опрокинутое залегание.

Описание складчатости. Описание единичной складки включает характеристику следующих признаков:

- текстурные элементы, образующие складку (пласты, слоистость, сланцеватость);
- форма складки;
- форма замка складки;
- форма шарнирной (осевой) поверхности;
- высота и ширина складки;
- элементы залегания слоистости на разных участках складки в количестве, достаточном для изображения характера изгибов слоев различной компетентности.

Описание обнажений. Описание естественных коренных обнажений проводится во время маршрутов. Нужно различать описание рядовых и ключевых (опорных) обнажений, которое проводится с разной степенью детальности.

Ключевым обнажением называется изолированный выход (или ряд сближенных выходов) коренных пород, в пределах которого наблюдаются стратиграфические взаимоотношения отложений, типичные интрузивные контакты, характерные структурные формы (складки, разрывы), сочетание структурных форм разного возраста и размера и т.п. Выявление ключевых обнажений, а также оценка степени их типичности и значимости могут быть осуществлены лишь после того, когда будет осмотрен более или менее обширный участок исследуемого района. Следовательно,

в большинстве случаев ключевые обнажения первоначально фиксируются в качестве рядовых и лишь потом подвергаются специальному детальному изучению.

Описание рядовых обнажений включает следующие операции:

- привязка обнажения к местности;
- осмотр обнажения;
- зарисовка или (и) фотографирование;
- описание обнажения и отбор образцов и проб.

Эти операции могут различным образом сочетаться при описании обнажений разного размера. При описании обнажений небольших размеров (до 15-20 м) привязка рядового обнажения к местности осуществляется в ходе маршрута, при котором оно было выявлено.

Осмотр обнажения начинается с определения его положения в рельефе (у подножья склона, на склоне, на водоразделе, в русле реки и т.п.) и оценки того, что оно действительно представляет коренной выход, а не оползень, отдельную скатившуюся глыбу и т.п. Эта оценка отражается словами "в коренном выходе", "в коренном залегании" и т.п. В процессе общего осмотра выясняются характер слагающих пород, условия их залегания и взаимоотношения; предварительно намечаются места отбора образцов и проб (они могут отбираться и на стадии осмотра).

Зарисовка и фотографирование рядовых обнажений осуществляется лишь в тех случаях, когда в них обнаруживаются какие-либо характерные особенности, представляющие значительный геологический интерес. Нередко такие обнажения в дальнейшем переходят в ранг ключевых.

Стратифицированные отложения, сложенные чередованием пластов различных пород, описываются послойно снизу вверх. Описание сверху вниз не рекомендуется как из соображения единства описания во всей геологической службе, так и из-за возможности засорения поверхности обнажения обломками вышележащих пород (это особенно мешает при описании и опробовании обнажений рыхлых образований и горных выработок).

Обнажения значительной протяженности рационально осматривать и описывать поинтервально. В качестве границ интервалов следует выбирать участки существенного изменения состава отложений или условий их залегания, смену пород или толщ и т.п. Осмотренная часть обнажения документируется, дается описание контактирующих толщ. Затем осматривается и документируется следующая часть обнажений и т.д. Если имеется возможность, то целесообразно заранее рационально разметить обнажение шагами или лентой на интервалы по 10-20 м. Для протяженных обнажений обязательно составление маршрутной схемы..

Образцы и пробы. Образцы горных пород представляют собой каменный документ, который хранится до завершения геологосъемочных и поисковых работ. По окончании работ часть образцов, достаточно полно характеризующая все возрастные подразделения района и типичные разновидности пород, выделяется в эталонную коллекцию и часть - в коллекцию обменного фонда. Остальная часть коллекции после окончания камеральной обработки сокращается. В соответствии с этим, к образцам эталонной коллекции и рядовым образцам могут быть предъявлены различные требования.

Образец для эталонной коллекции должен быть достаточно типичным для подразделения и разновидности пород. Нормальный размер его 9 x 12 x 3 см. Обычное требование к образцу - наличие свежих поверхностей. Однако, как отмечал ещё В.А. Обручев, при недостатке времени для рядовых случаев необязательно заниматься выкалыванием стандартного образца, достаточно лишь, чтобы он имел три поперечных свежих скола. В дополнении к этому следует заметить, что в ряде случаев структурные и текстурные особенности породы значительно рельефнее видны на выветриваемой поверхности породы (а иногда только на ней!). В таких случаях сохранение выветрелой

поверхности обязательно. Многие образцы сопровождаются по сколам породы для шлифа обязательно из того же куска.

Образец и шлиф отмечаются в документации естественного или искусственного обнажения, из которого они отобраны, наносятся на зарисовку (если она делается), снабжаются этикеткой установленного образца и заносятся в каталог образцов.

Номер образца должен соответствовать номеру обнажения, точке наблюдения, горной выработке или буровой скважине. При отборе нескольких образцов они различаются прибавлением через дефис порядковой цифры, например, обр. I4-I, 14-2 и т. д. Применение букв для различения образцов (например, 14-A, 14-B и т.д.) не рекомендуется, так как для протяженных обнажений и горных выработок и для скважин значительной глубины букв может не хватить. Самостоятельная (независимая от номера обнажения, скважины и т.п.) нумерация образцов воспрещается.

Пробы горных пород, полезных ископаемых и др. бывают нескольких видов:

- штафные пробы - образцы горных пород 150-500 г, отбираемые из одного участка;
- сколковые пробы - составленные из небольших (10-25г) обломков породы, взятых в различных частях изучаемого обнажения или его обособленной части с расчетом получения общей массы пробы 150-500 г;
- бороздовые пробы - отбираются сплошной или пунктирной бороздой, пересекающей весь опробуемый объект при сечении борозды 10х5 или 20х10 см; применяется в основном при изучении полезных ископаемых для получения усредненной характеристики полезных компонентов во всем геологическом теле.

Все пробы, отбираемые из естественных обнажений, горных выработок и буровых скважин, обязательно включаются в их описание, их положение изображается на зарисовках. Пробы снабжаются этикеткой единого образца и фиксируются в журналах проб.

2.4. Графическая документация геологических объектов

Графическая документация в виде различного рода зарисовок и фотографий часто применяется в практике геолого-съемочных и поисковых работ, особенно при описании обнажений и геологоразведочных выработок. В настоящей главе содержатся общие рекомендации и специально рассмотрены правила графической документации геологоразведочных выработок, для которых зарисовка является обязательной частью всей документации. Содержание документации не рассматривается, так как оно изложено ранее.

Зарисовки и фотографии геологических объектов являются документами, которые в целом ряде случаев невозможно заменить словесным описанием. Известно, насколько трудно, пользуясь словесным описанием, найти в изученном геологическом объекте все то, что видел автор. Ведь любое описание неполно. Кроме того, язык описания достаточно бледен при фиксации деталей объекта и их пространственных соотношений, тогда как рисунок и фотография обладают наглядностью, т.е. позволяют с необходимой - степенью детальности получить информацию при рассмотрении документа, не пользуясь описанием.

Рисунок и фотография объективно передают все особенности и детали изученного геологического объекта, они дают возможность выделить главное в объекте, что присуще только ему и чем он отличается (или чем сходен) от других аналогичных объектов.

Чтобы рисунок или фотография обладали всеми свойствами документа - носителя объективной информации, они должны в той или иной форме иметь:

- точную географическую привязку;
- ориентировку плоскости рисунка или фотографии;
- масштаб;
- заголовок;
- пояснительные надписи;

- указания на авторство рисунка или фотографии (если они приводятся не в дневнике или журнале).

Графическое документирование любого геологического объекта предусматривает выполнение ряда операций, объемы и методы выполнения которых могут в достаточно широких пределах меняться в зависимости от цели работ и изучаемого объекта:

- подготовку фотоаппаратуры, принадлежностей для рисования, бумаги, дневников, компаса и т.д.;
- привязку - ориентирование плоскости рисунка или фотографии;
- при осмотре геологического объекта выделение отдельных частей и установление мест, где должны быть сделаны зарисовки или фотографии;
- разметка, ведущаяся как для облегчения зарисовок (соблюдение верных соотношений между частями объекта), так и для масштаба при фотографировании.

Под названием "Полевые зарисовки обнажений" объединяется большая группа графических документов, различающихся между собой содержанием и детальностью. Несмотря на то, что выполняемая человеком зарисовка передает его восприятие объекта, вследствие чего, казалось бы, является сугубо субъективной, она вполне объективно отражает облик и состояние объекта и является надежным документом.

Зарисовки в их практическом применении имеют ряд преимуществ перед фотографией. Даже при достаточном опыте и наличии всей необходимой аппаратуры и фотоматериалов хорошую фотографию геологического объекта получить не всегда возможно: объект съёмки может быть мало выразительным, могут быть неблагоприятные условия освещенности или погоды. Кроме того, детали геологического объекта, представляющие наибольший интерес, могут оказаться невыразительными вследствие слабой цветовой или тоновой контрастности. Во всех этих случаях получение удовлетворительного снимка практически невозможно, тогда как полевая зарисовка позволяет не только изобразить, но и подчеркнуть наиболее важные характеристики изучаемого объекта.

Зарисовка в отличие от фотографии не передает объект во всех подробностях, цель ее - максимально объективное изображение особенностей объекта, представляющих интерес для данного исследования. При этом все детали, не имеющие прямого отношения к целевому назначению рисунка, опускаются. Правильно выполненный и оформленный рисунок максимально лаконичен и вместе с тем обладает большой информативностью, четок и точен в изображении всего, что привлекло внимание исследователя.

Для того чтобы рисунок обладал всеми указанными свойствами и удовлетворял всем предъявлявшимся требованиям, при его исполнении следует придерживаться определенных правил:

- 1) Масштаб зарисовки выбирается в зависимости от сложности изображаемого объекта и необходимой степени детализации. Масштаб должен быть выдержан на всей зарисовке во всех частях объекта. При необходимости отдельные части объекта, представляющие особый интерес, изображаются в более крупном масштабе, но уже на другом рисунке;
- 2) Зарисовки делаются четко и ясно, линиями различной толщины, без штриховки и тем более растушевки;
- 3) Второстепенные детали, вводимые в рисунок для масштаба (деревья, дома), выполняются схематически;
- 4) Зарисовка должна иметь географическую привязку, соответствующую привязке объекта в описании. Если на зарисовке изображается только часть объекта, делается привязка к объекту;
- 5) Плоскость зарисовки должна быть ориентирована;
- 6) Зарисовка должна иметь заголовки, необходимые поясняющие надписи и условные обозначения (в дневнике условные обозначения могут быть указаны в начале);

- 7) На рисунке указываются места, в которых делались измерения элементов залегания и их числовые значения и места отбора образцов и проб и их номера;
- 8) Все данные, помещаемые на рисунке, должны совпадать с записями в дневнике;
- 9) Запись в дневнике должна содержать ссылку на рисунок.

В соответствии с объектом и масштабом изображения, а также степенью его детальности можно выделить несколько типов зарисовок, различающихся техникой исполнения.

Схема – мелкомасштабная зарисовка, выполненная в условной манере, в приближенном или относительном масштабе. Ее назначение – пояснение записей в дневнике, указание на порядок записей или отбора образцов и т.д. Схема, поскольку она привязана к тексту дневника, обычно выполняется на левой стороне разворота. Если записи в дневнике ведутся шариковой ручкой, то и схему можно выполнять ею же. Схема снабжается надписями, поясняющими цель, с которой она выполнена, и детали изображения.

Зарисовки обнажений и их отдельных частей в зависимости от характера могут проводиться в проекции на вертикальную и наклонную плоскости, а также на разные плоскости, если обнажение расположено на склоне с уступом. В последнем случае зарисовка сопровождается дополнительной схемой, показывающей взаимоотношения и положение отдельных частей обнажения, спроецированных на разные плоскости, и указанием (текстовым или графическим знаком) на плоскость проекции. Соблюдение определенного масштаба и пропорций между отдельными частями обнажения достигается предварительной разметкой путем установки через определенное расстояние вешек или каменных пирамидок.

Крупномасштабные зарисовки отдельных частей обнажений выполняются с возможно более точным соблюдением масштаба и относительного расположения деталей, однако, без загромождения рисунка незначительными подробностями. Для выполнения такой зарисовки разметка обнажения делается более тщательно – обычно с помощью рулетки, натянутой поперек зарисовываемой площади, и в особо сложных случаях – двух рулеток (мерных реек, веревок с узлами и т.п.), натянутых крестообразно (горизонтально и вертикально) в плоскости рисунка.

Зарисовки разнообразных трещин и линейных тектонических структур проводятся с большой тщательностью и точностью в соблюдении размеров, ориентировки и их взаимного расположения. При этом рисуются только главные, наиболее характерные трещины. При изображении систем трещин необходимо дать представление о густоте трещин, принадлежащих к каждой системе. Все измерения помещаются на рисунке с указанием места, где они сделаны.

Фотосъемка в маршруте. Подготовка к маршрутной съемке начинается еще перед выездом на полевые работы. При изучении материалов предыдущих исследований: по району предстоящих работ составляется представление о его геологическом строении и возможных объектах фотографирования, достаточно полно характеризующих наиболее интересные особенности района в соответствии с задачами проектируемых полевых работ.

Порядок фотосъемки в маршруте. При фотографировании геологических объектов в маршруте не следует жалеть пленки: по возможности надо фиксировать все имеющее значение для целей исследования. Возможно, что встреченный объект уникален и случая зафиксировать его на пленку больше не представится. Даже если аналогичные объекты будут встречаться в дальнейшем, их надо фотографировать: снимки можно сравнить, отмечая черты сходства или, напротив, различия, зафиксированные объективом.

Фотосъемка геологических объектов представляет собой ряд последовательно выполняемых операций, каждая из которых в известной степени определяет качество будущего снимка.

1. Точка съемки выбирается с учетом характера объекта и цели, с которой делается снимок. При этом следует иметь в виду:

а) свет на объект должен падать спереди и несколько сбоку. Детали объекта при этом выглядят более контрастно, а сам объект приобретает объемность. Это особенно важно при фотографировании обнажений. Лучше всего для съемки подходит рассеяно направленный свет, который дает солнце за тонким слоем облаков. При этом тени на объекте получаются не чрезмерно контрастными;

б) нормальная высота точки съемки соответствует уровню глаз человека. При этом фотография передает неискаженное представление об объекте - такое, каким видит его наблюдатель в обычных условиях.

2. Определение границ кадра и его композиция. В кадре должен помещаться фотографируемый объект целиком или его определенные детали, а в некоторых случаях и окружающее объект пространство (если необходимо зафиксировать взаимоотношения фотографируемого объекта с другими объектами или показать его положение в пространстве). В соответствии с этим граница кадра выбирается горизонтальной или вертикальной. Если с данной точки зрения изображение, размещающееся в кадре, не соответствует поставленной цели, границы кадра можно регулировать одним из следующих методов:

а) подойти ближе или, напротив, отойти подальше;

б) применить сменную оптику;

в) сделать панорамный снимок.

В кадре должно располагаться лишь то, что необходимо для цели документации.

3. Масштаб снимка должен быть показан в каждом кадре. Это достигается размещением в кадре предметов, которые могут служить масштабом: при фотографировании крупных обнажений - фигура человека, разметка вешками или пирамидами камней, при съемке деталей обнажений - молоток, компас и т.д., при съемке мелких деталей - линейка с сантиметровыми делениями.

3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Студенты, участвующие в геологических экскурсиях должны знать элементарные правила по технике безопасности. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение, казалось бы, элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Геологические экскурсии должны проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с «Правилами безопасности при геологоразведочных работах».

Перед геологическими экскурсиями все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители экскурсий перед их началом обязаны провести специальный инструктаж всех школьников об условиях экскурсий, правилах безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый школьник расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проходить дополнительный инструктаж о мерах предотвращения наиболее вероятных для данного района работ опасностей и несчастных случаев.

Каждый работающий, заметивший опасность, угрожающую людям, обязан принять зависящие от него меры для ее устранения и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Руководитель обязан принять меры к устранению

опасности; при невозможности устранения опасности прекратить работы, вывести работающих в безопасное место.

Запрещается во время работы и во время перерывов располагаться в траве, кустарнике и других не просматриваемых местах, если на участке работ используются транспортные средства.

Запрещается допускать к работе лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, а также в болезненном состоянии. Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспечить ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание о порядке проведения маршрута, правилах передвижения применительно к местным условиям;

в) нанести на свою карту линию намеченного маршрута группы.

В дни, когда по прогнозу погоды затяжной дождь, сильный ветер, выходить в маршруты запрещается.

Если затяжной дождь, густой туман застанут группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При оставлении кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

В маршрутах каждому участнику рекомендуется надевать яркий шарф, косынку или рубашку для обеспечения лучшей взаимной видимости.

Запрещается употреблять в пищу неизвестные грибы, ягоды и рыбу во избежание возможного отравления.

Использование для питьевой воды минеральных источников, бальнеологические свойства которых неизвестны, запрещается, не рекомендуется также купаться в них.

При движении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим. Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается.

Особое внимание в маршрутах необходимо уделять мерам предупреждения тепловых и солнечных ударов. В жаркие безветренные дни работать с непокрытой головой не разрешается.

Одежда не должна стеснять движений при работе, обувь обязательно подбирается по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

При проведении маршрутов в лесу особенно строго должны соблюдаться правила зрительной и голосовой связи.

Передвижение через лесные завалы разрешается только с соблюдением соответствующих мер предосторожности.

На участках, заросшей высокой и густой травой, рекомендуется начинать работу после высыхания росы.

При работе в лесу следует строго соблюдать меры пожарной безопасности.

Бросать в лесу непотушенные спички и окурки запрещается. Костры разрешается разводить лишь в местах, где исключена возможность возникновения пожара.

При малейшем признаке лесного пожара (запах дыма, гари, бег зверей и полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне.

При возникновении пожара необходимо приступить к его тушению с помощью всех имеющихся средств и одновременно сообщить об этом местным органам власти.

При передвижении по горелым лесам и торфяникам следует соблюдать особую осторожность.

При проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей рекомендуется плотно застегивать одежду и 3-4 раза в день осматривать тело и одежду.

При отборе образцов в выработках должны применяться меры по защите от падения кусков породы со склона и бортов выработки.

При одновременной работе двух или более проботборщиков на одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5 м.

Если произошел несчастный случай или школьник почувствовал недомогание, то следует:

- прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих, и сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить руководителю, при необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Для оказания первой помощи при ранениях и кровотечениях необходимо на рану наложить стерильный бинт, предварительно смазать настойкой йода очищенный от грязи участок вокруг раны. При сильном кровотечении необходимо наложить выше раны жгут не более чем на 1.0 – 1.5 часа.

По окончании рабочего времени привести в порядок снаряжение и другие принадлежности. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

4. ПОЛЕВОЕ СНАРЯЖЕНИЕ

Вполне очевидно, что успешное проведение геологических маршрутов (экспедиций) в существенной мере зависит от обеспеченности участников соответствующим оборудованием, снаряжением и материалами. Подчеркнем специально, что при ведении полевых исследований все необходимое должно «быть под руками». При этом ничего не должно быть лишнего. В таблице приведен список необходимых «вещей» для полевой бригады, состоящей из 5 человек.

п./п.	№ др.	Наименование оборудования, снаряжения и	Кол-во (шт.)
1		Полевая книжка (пикетажка)	5
2		Геологический молоток	1
3		Компас горный	1
4		Лупа с десятикратным увеличением	1
5		Карандаш простой (мягкий и твердый)	10
6		Транспортир	1
7		Авторучка шариковая	10
8		Рулетка 10 м	1
9		Сумка полевая	5
10		Рюкзак (желательно непромокаемый)	1
11		Мешочки пробные	20
12		Линейка 30 см	2
13		Фотоаппарат	1
14		Аптечка универсальная	1

5. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

В результате геологических экскурсий накапливается большой фактический материал: коллекции минералов и горных пород, остатки ископаемых животных и растений, образцы полезных ископаемых, графический материал. Все это может составить основу тематических выставок и стендов.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



Проректор по учебно-методическому комплексу С. А. Упоров

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Год набора: 2024

Автор: Козин В. З., профессор, д.т.н.

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой

(подпись)

Козин В. З.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 4.09.2023

(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
горно-механического факультета

(название факультета)

Председатель

(подпись)

(подпись)

Осипов П. А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 15.11.2023

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
I МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.....	3
1.1 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.....	3
1.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.....	16
II КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ	18
III ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	19
3.1 Тематика выпускных квалификационных работ	19
3.2 Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность общекультурных компетенций.....	19
3.3 Теоретические вопросы государственной итоговой аттестации, оценивающие сформированность общепрофессиональных компетенций	20
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Пример оформления заявления на утверждение темы ВКР	22
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Пример оформления титульного листа ВКР	23
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Пример оформления задания на выполнение ВКР	24
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Пример оформления реферата ВКР	26
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Пример отзыва руководителя на ВКР	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Форма отзыва рецензента о ВКР	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Пример оформления документа, подтверждающего использование результатов ВКР	29
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Справка о результатах проверки на наличие заимствований (ВКР-ВУЗ)	30
ПРИЛОЖЕНИЕ К. Пример оформления списка использованных источников	31

ВВЕДЕНИЕ

Программа государственной итоговой аттестации по основной профессиональной образовательной программе по специальности 21.05.04 Горное дело направленности (профиля) «Обогащение полезных ископаемых» составлена в соответствии с требованиями:

- Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 29.06.2015 № 636;

- Федерального государственного образовательного стандарта - специалитета по специальности 21.05.04 Горное дело, утвержденного приказом от 12.08.2020 № 987;

- локальных нормативных актов университета, регламентирующих порядок проведения государственной итоговой аттестации.

Программа государственной итоговой аттестации включает:

I. Требования к выпускным квалификационным работам и порядку их выполнения;

II. Критерии оценки выпускных квалификационных работ;

III. Оценочные материалы.

IV. Приложения

I МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1.1 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1.1.1 Общие положения

Государственная итоговая аттестация представляет собой процесс итоговой проверки и оценки компетенций выпускника, полученных в результате обучения. Государственная итоговая аттестация выпускника высшего учебного заведения является обязательной и осуществляется после освоения образовательной программы в полном объеме. Цель итоговой государственной аттестации выпускников – установление уровня готовности выпускника к выполнению профессиональных задач.

Государственная итоговая аттестация выпускников, завершивших освоение основной профессиональной образовательной программы по специальности 21.05.04 Горное дело, направленности (профиля) «Обогащение полезных ископаемых» осуществляется в форме подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы.

Трудоемкость государственной итоговой аттестации – 18 з. е.:

- Выполнение ВКР – 6 з. е.;

- подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы – 6 з.е.;

- процедура защиты выпускной квалификационной работы – 6 з.е.

Трудоемкость государственной итоговой аттестации				
кол-во з. е.	часы			Наименование вида работы
	общая	контактная работа	СР	
6	216		216	Выполнение выпускной квалификационной работы (ВКР)
6	216	35	181	Подготовка к процедуре защиты выпускной квалификационной работы
6	216		216	Процедура защиты ВКР

1.1.2 Цели и задачи выпускной квалификационной работы

Цель выполнения выпускной квалификационной работы:

систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности 21.05.04 Горное дело и применение этих знаний при решении конкретных производственных задач;

развитие навыков ведения самостоятельной работы и применения методик исследования и экспериментирования;

выяснение подготовленности обучающихся для самостоятельной работы по задачам профессиональной деятельности, определенных ФГОС ВО специальности 21.05.04 Горное дело и соответствующей ОПОП.

Выпускная квалификационная работа выполняется на материалах организаций (баз практики) с учетом проблем, требующих решения в данной организации.

Основными задачами, которые должен решить обучающийся при выполнении выпускной квалификационной работы являются:

обоснование актуальности и значимости выбранной темы работы;

изучение теоретических положений по проблеме, сущности проблемы, нормативной документации;

обоснование необходимости и возможности применения определенных (в том числе) современных методик в решении задачи, поставленной в работе;

сбор необходимой информации с привлечением первичных и вторичных источников;

разработка практических рекомендаций и предложений, их экономическое и технологическое обоснование;

оформление ВКР в соответствии с нормативными требованиями.

В ходе государственной итоговой аттестации проверяется сформированность следующих компетенций:

универсальных:

Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Выбирает информационные ресурсы для поиска информации в соответствии с поставленной задачей УК-1.2 Оценивает соответствие выбранного информационного ресурса критериям полноты и аутентичности УК-1.3 Систематизирует обнаруженную информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи УК-1.4 Использует системный подход для решения поставленных задач.
УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла.	УК-2.1 Разрабатывает план осуществления проекта на всех этапах его жизненного цикла с учетом потребностей в необходимых ресурсах, имеющихся ограничений, возможных рисков; УК-2.2 Осуществляет мониторинг реализации проекта на основе структуризации всех процессов и определения зон ответственности его участников. УК-2.3 Публично представляет результаты проекта, вступает в обсуждение хода и результатов проекта
УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	УК-3.1 Взаимодействует с другими членами команды для достижения поставленной задачи УК-3.2 Вырабатывает стратегию командной работы и на ее основе организует отбор членов команды для достижения поставленной цели УК-3.3 Организует и корректирует работу команды в том числе на основе коллегиальных решений
УК-4. Способен применять современные коммуникатив-	УК-4.1 Ведет обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке.

ные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.2 Ведет обмен деловой информацией в устной и письменной формах не менее чем на одном иностранном языке. УК-4.3 Использует современные информационно-коммуникативные средства для коммуникации.
УК-5. Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	УК-5.1 Толерантно воспринимает социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия УК-5.2 Анализирует современное состояние общества на основе знания истории. УК-5.3 Интерпретирует проблемы современности с позиций этики и философских знаний.
УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни	УК-6.1 Эффективно планирует собственное время. УК-6.2 Планирует траекторию своего профессионального развития и предпринимает шаги по ее реализации УК-6.3 Адекватно определяет свою самооценку, осуществляет самопрезентацию, составляет резюме
УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности	УК-7.1 Использует основы физической культуры для осознанного выбора здоровьесберегающих технологий с учетом внутренних и внешних условий реализации конкретной профессиональной деятельности. УК-7.2 Выполняет индивидуально подобранные комплексы оздоровительной или адаптивной физической культуры. УК-7.3 Выбирает и применяет рациональные способы и приемы сохранения физического здоровья, профилактики заболеваний, психофизического и нервно-эмоционального утомления
УК-8. Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8.1 Выявляет возможные угрозы для жизни и здоровья в повседневной и профессиональной деятельности. УК-8.2 Понимает, как создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов. УК-8.3 Демонстрирует приемы оказания первой помощи
УК-9. Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах	УК-9.1 Применяет базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах УК 9.2 Применяет навыки взаимодействия в социальной и профессиональной сферах с лицами из числа инвалидов и лицами с ограниченными возможностями здоровья
УК-10. Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	УК-10.1 Понимает основные проблемы, базовые принципы и законы функционирования экономики, роль государства в экономическом развитии УК-10.2 Понимает поведение потребителей и производителей экономических благ, особенности рынков факторов производства УК-10.3 Понимает цели, виды и инструменты государственной экономической политики и их влияние на субъектов экономики УК-10.4 Применяет методы личного финансового планирования, использует финансовые инструменты для управления собственным бюджетом, контролирует личные финансовые риски
УК-11. Способен формировать нетерпимое отношение к прояв	УК-11.1. Знает законодательство, направленное на борьбу с экстремизмом, терроризмом, коррупцией

лениям экстремизма, терроризма, коррупционному поведению и противодействовать им в профессиональной деятельности	УК-11.2. Понимает правовые нормы, обеспечивающие борьбу с экстремизмом, терроризмом, коррупцией в различных областях жизнедеятельности
--	--

общепрофессиональных:

Код и наименование общепрофессиональной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ОПК-1. Способен применять законодательные основы в областях недропользования, обеспечения экологической и промышленной безопасности при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-1.1 Демонстрирует навыки поиска и использования нужной юридической информации для своей профессиональной деятельности ОПК 1.2 Применяет законодательные основы в своей профессиональной деятельности при составлении нормативной документации по промышленной безопасности
ОПК-2. Способен применять навыки анализа горно-геологических условий при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-2.1 Применяет навыки анализа горно-геологических условий при выборе технологий эксплуатационной разведки и добычи твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов переработки ОПК-2.2 Применяет навыки анализа горно-геологических условий при эксплуатации горнодобывающего предприятия
ОПК-3. Способен применять методы геолого-промышленной оценки месторождений твердых полезных ископаемых, горных отводов	ОПК-3.1 Применяет методы геолого-промышленной оценки месторождений твердых полезных ископаемых, горных отводов для прогноза длительности работы предприятия ОПК-3.2 Оценивает месторождения твердых полезных ископаемых, горных отводов для расчета производительности предприятия
ОПК-4. Способен с естественно-научных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр	ОПК-4.1 Применяет знания химического характера для оценки химического и минерального состава земной коры ОПК-4.2 Описывает физические процессы, повлиявшие на строение, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых с применением физических закономерностей
ОПК-5. Способен применять методы анализа, знания закономерностей поведения, управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-5.1 Оценивает различия в физических и химических свойствах горных пород для использования в процессе добычи и переработки полезных ископаемых ОПК-5.2 Использует математические и физические методы анализа и описания закономерностей поведения и свойств горных пород в процессе переработки полезных ископаемых
ОПК-6. Способен применять методы анализа и знания закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при	ОПК-6.1 Оценивает различия в физических и химических свойствах горных пород для использования в процессе переработки твердых полезных ископаемых ОПК-6.2 Использует математические и физические методы анализа и описания закономерностей поведения и свойств горных пород в процессе переработки твердых полезных ископаемых

строительстве и эксплуатации подземных объектов	
ОПК-7. Способен применять санитарно-гигиенические нормы и правила при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-7.1 Оценивает степень нанесения ущерба при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов ОПК-7.2 Применяет санитарно-гигиенические нормы и правила для контроля над состоянием окружающей среды
ОПК-8 Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения и моделирования горных и геологических объектов	ОПК-8.1 Работает с аппаратурой и программным обеспечением специального назначения ОПК-8.2 Определяет пространственное положение объектов для дальнейшего моделирования горных и геологических объектов
ОПК-9. Способен осуществлять техническое руководство горными и взрывными работами при поисках, разведке и разработке месторождений твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов, непосредственно управлять процессами на производственных объектах, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций	ОПК-9.1 Применяет нормативные документы при горных и взрывных работах, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций ОПК-9.2 Управляет процессами на производственных объектах с учетом основных особенностей, рисков, и требований техники безопасности при горных и взрывных работах, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций
ОПК-10. Способен применять основные принципы технологий эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов	ОПК-10.1 Использует принципы технологий эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых, строительства и эксплуатации подземных объектов для формирования инновационных решений. ОПК-10.2 Применяет основные принципы технологий эксплуатационной разведки, добычи, переработки твердых полезных ископаемых в своей производственной деятельности
ОПК-11. Способен разрабатывать и реализовывать планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду при эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-11.1 Реализует и разрабатывает планы мероприятий по снижению техногенной нагрузки производства на окружающую среду, учитывая особенности деятельности горноперерабатывающих предприятий ОПК-11.2 Подбирает технологии переработки сырья и последующего его хранения и транспортировки с наименьшим ущербом для экологии
ОПК-12. Способен определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты	ОПК-12.1. Определяет пространственно-геометрическое положение объектов на земной поверхности, в подземных и открытых горных выработках, осуществляют вынос проектов в натуру и их контроль, подсчет объемов горных и строительных работ с использованием маркшейдерско-геодезических приборов и инструментов. ОПК-12.2. Обрабатывает результаты маркшейдерско-геодезических измерений и осуществляет их интерпретацию. ОПК-12.3. Создает и пополняет маркшейдерско-геодезическую и горно-графическую документации.
ОПК-13. Способен оперативно устранять нарушения производственных процессов, вести первичный учет выполняемых работ, анализировать оперативные и текущие показатели производства,	ОПК-13.1 Проводит мониторинг производственных процессов, с целью выявления и устранения их нарушений ОПК-13.2 Совершенствует организацию производственного процесса для максимальной стабильности, безаварийности, улучшения его оперативных и текущих показателей

обосновывать предложения по совершенствованию организации производства	
ОПК-14. Способен разрабатывать проектные инновационные решения по эксплуатационной разведке, добыче, переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов	ОПК-14.1 Разрабатывает проекты с учетом инновационных технологий при эксплуатационной разведке, добыче, переработке твердых полезных ископаемых ОПК-14.2 Участвует в разработке проектных инновационных решений по эксплуатационной разведке, добыче, переработке твердых полезных ископаемых
ОПК-15. Способен в составе творческих коллективов и самостоятельно, контролировать соответствие проектов требованиям стандартов, техническим условиям и документам промышленной безопасности, разрабатывать, согласовывать и утверждать в установленном порядке технические и методические документы, регламентирующие порядок, качество и безопасность выполнения горных, горностроительных и взрывных работ	ОПК-15.1 Контролирует этапы ведения горных, горностроительных и взрывных работ в соответствии с технической документацией по промышленной безопасности ОПК-15.2 Создает и утверждает в установленном порядке техническую документацию при выполнении горных, горностроительных и взрывных работ
ОПК-16. Способен применять навыки разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов	ОПК-16.1 Принимает участие в разработке систем автоматического анализа и контроля экологической ситуации и промышленной безопасности ОПК-16.2 Продумывает и предлагает мероприятия по улучшению существующей системы контроля экологической ситуации и промышленной безопасности
ОПК-17. Способен применять методы обеспечения промышленной безопасности, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций, при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке твердых полезных ископаемых, строительству и эксплуатации подземных объектов	ОПК-17.1 Поддерживает и правильно эксплуатирует системы электроснабжения для безотказной работы промышленных объектов ОПК-17.2 Грамотно использует системы электрического и автоматического контроля для обеспечения промышленной безопасности, в том числе в условиях чрезвычайной ситуации
ОПК-18. Способен участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	ОПК-18.1 Анализирует объекты профессиональной деятельности и их структурные элементы с последующим уяснением цели исследования ОПК-18.2 Разрабатывает и применяет методику исследований, делает выводы и рекомендации
ОПК-19. Способен выполнять маркетинговые исследования, проводить экономический анализ затрат для реализации технологических процессов и производства в целом	ОПК-19.1 Исследует деятельность предприятия с целью экономического анализа ОПК-19.2 Разрабатывает рекомендации для улучшения экономической ситуации
ОПК-20. Способен участвовать в разработке и реализации образовательных программ в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-20.1 Формулирует требования к части образовательной программы в сфере своей профессиональной деятельности ОПК-20.2 Использует научные знания для разработки и реализации образовательных программ

сти, используя специальные научные знания	
ОПК-21. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-21-1 Понимает принципы работы современных информационных технологий ОПК-21-2 Использует современные информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности

профессиональных:

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1.1. Способен выбирать технологии производства работ по обогащению полезных ископаемых, составлять необходимую документацию в соответствии с действующими нормативами	ПК-1.1.1 Разбирается во всех видах и способах обогащения полезных ископаемых ПК-1.1.2 Выбирает технологию обогащения в соответствии с минералогическим составом рудного сырья ПК-1.1.3 Составляет требуемую нормативную технологическую документацию
ПК-1.2. Способен выбирать и рассчитывать основные технологические параметры эффективного и экологически безопасного производства работ по переработке и обогащению минерального сырья на основе знаний принципов проектирования технологических схем обогатительного производства и выбора основного и вспомогательного оборудования	ПК-1.2.1 Подбирает основные технические характеристики нужного оборудования ПК-1.2.2 Выбирает и рассчитывает основное и вспомогательное оборудование ПК-1.2.3. Рассчитывает основные технологические параметры производства на основе принципов проектирования технологических схем
ПК-1.3. Способен разрабатывать и реализовывать проекты производства по переработке минерального и техногенного сырья на основе современной методологии проектирования, рассчитывать производительности и определять параметры оборудования обогатительных фабрик, формировать генеральный план и компоновочные решения обогатительных фабрик	ПК-1.3.1 Работает в графических редакторах для проектирования ПК-1.3.2 Создает генеральный план, формирует компоновочные решения ПК-1.3.2 Владеет методикой расчета производительности обогатительного оборудования
ПК-1.4. Способен выполнять анализ и оптимизацию структуры, взаимосвязей, функционального назначения комплексов по добыче, переработке и обогащению полезных ископаемых и соответствующих производственных объектов	ПК-1.4.1 Анализирует работу предприятия целью его оптимизации ПК-1.4.2 Просчитывает потенциальные улучшения в связи с внедрением оптимизирующих факторов ПК-1.4.3 Выбирает оптимальный комплекс мероприятий по улучшению технологических показателей
ПК-1.5. Способен руководствоваться в практической инженерной деятельности принципами комплексного использования георесурсного потенциала недр	ПК-1.5.1 Применяет принципы комплексного использования сырья при выборе технологии переработки ПК-1.5.3 Применяет технологии переработки техногенного сырья
ПК-1.6. Способен разрабатывать и реализовывать мероприятия по совершенствованию и повышению технического уровня горного производства, обеспечению конкуренто-	ПК-1.6.1 Определяет эффективность технического оснащения горного производства ПК-1.6.2 Проверяет соответствие технического оснащения горного производства его конечным целям ПК-1.6.3 Разрабатывает мероприятия по повышению рента-

способности организации в современных экономических условиях	бельности горного производства
ПК-1.7. Способен создавать и (или) эксплуатировать оборудование и технические системы обеспечения эффективной и безопасной реализации технологических процессов при производстве работ по переработке твердых полезных ископаемых.	ПК-1.7.1 Использует в работе основные принципы создания и эксплуатации оборудования и технических систем, необходимых для эффективной работы обогатительного предприятия ПК-1.7.2 Обеспечивает работу оборудования и технических систем в составе технологических цепей ПК-1.7.3 Проверяет эффективность и безопасность оборудования и технических систем

При выполнении выпускной квалификационной работы обучающиеся должны *показать*: сформированные универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции;

способность самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности;

навыки постановки исследовательской проблемы, ее самостоятельного обсуждения, анализа возможных вариантов ее решения;

способность грамотно излагать специальную информацию, аргументировать и защищать свою точку зрения;

умение самостоятельного квалифицированного библиографического поиска, изучения и анализа научной литературы по теме;

навыки использования методологических, историко-философских и конкретных знаний, полученных в процессе обучения, для решения поставленной в работе проблемы;

умение написания профессионально грамотного текста и оформления его в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным публикациям;

использование в работе современных технологий.

1.1.3 Общие требования к выпускной квалификационной работе

Выпускная квалификационная работа должна отвечать следующим требованиям:

- быть актуальной (иметь теоретическое обоснование актуальности изучаемой проблемы в современных условиях хозяйственной деятельности);

- носить практический либо исследовательский характер;

- представлять самостоятельное исследование, демонстрирующее способность выпускника решать профессиональные проблемы на основе анализа существующей практики, литературы, самостоятельных исследований, формулировать соответствующие выводы и вносить предложения;

- отражать добросовестность студента в использовании опубликованных материалов других авторов.

Общие требования к выпускной квалификационной работе – целевая направленность; четкость построения; логическая последовательность изложения материала; глубина исследования и полнота освещения вопросов; убедительность аргументаций; доказательность выводов и обоснованность рекомендаций; грамотное оформление.

Текст выпускной квалификационной работы должен демонстрировать:

– знакомство автора с литературой вопроса;

– умение выделить проблему и определить методы ее решения;

– умение последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов, грамотно цитировать ведущих исследователей, делать ссылки на использованные источники;

– умение собирать, обобщать, анализировать нормативные документы, практические материалы, полученные в результате преддипломной практики;

– достоверность и конкретность изложения фактических и экспериментальных данных о работе организации;

- обоснование выводов и предложений по результатам исследования, их конкретный характер, практическую ценность для решения исследуемых проблем;
- владение соответствующим понятийным и терминологическим аппаратом;
- четкость и логичность изложения мыслей, доказательность целесообразности и эффективности предлагаемых решений;
- приемлемый уровень языковой грамотности, включая владение функциональным стилем научного изложения.

1.1.4 Выбор, согласование и утверждение темы выпускной квалификационной работы

Выбор темы выпускной квалификационной работы осуществляется обучающимся по согласованию с руководителем. При выборе темы ВКР необходимо исходить из:

- актуальности и значимости ее для дальнейшей производственно-технологической деятельности специалиста;
- производственной специализации выпускающей кафедры и ее преподавателей;
- возможности получения информации для проведения анализа и обоснования предлагаемых решений.

Примерный перечень тем выпускных квалификационных работ разрабатывается выпускающей кафедрой и доводится до сведения обучающихся. Обучающийся может предложить свою тему, обосновав целесообразность ее разработки. Тема выпускной квалификационной работы может являться продолжением тем, ранее представленных обучающимся в рамках курсовых работ (проектов).

Для успешного выполнения выпускной квалификационной работы необходимо уже на первом этапе (выбор темы) четко сформулировать цель работы (отражающуюся в ее названии) и задачи.

После выбора темы, согласования ее с руководителем, студент подает заявление на имя заведующего кафедрой об утверждении темы выпускной квалификационной работы (**приложение А**).

Закрепление тем выпускных квалификационных работ за студентами оформляется приказом по университету. Следует иметь в виду, что **тема, утвержденная приказом ректора университета, изменению не подлежит**. Исключение могут составить лишь случаи возникновения объективных непреодолимых препятствий к ее разработке. Изменение оформляется приказом по университету на основании письменного заявления обучающегося и представления заведующего кафедрой.

1.1.5 Структура и содержание выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа состоит из 2-х частей: пояснительной записки и графической части.

Структурные элементы пояснительной записки выпускной квалификационной работы перечислены ниже в порядке их расположения и брошюровки.

1. Титульный лист (**приложение Б**).
2. Сопроводительные документы к выпускной квалификационной работе:
 - 2.1 Задание на выпускную квалификационную работу (**приложение В**).
 - 2.2 Реферат (**приложение Г**).
 - 2.3. Отзыв руководителя ВКР (**приложение Д**).
 - 2.4 Отзыв рецензента (**приложение Е**).
 - 2.5 Справка об использовании результатов (если результаты исследования нашли практическое применение) (**приложение Ж**).
 - 2.6 Справка «ВКР-ВУЗ» (**приложение И**).
3. Содержание.
4. Введение.
6. Общие сведения.
7. Технологическая часть.

8. Специальная часть.
9. Экономическое обоснование.
10. Безопасность производственной деятельности. Промышленная экология.
11. Заключение.
12. Список использованных источников (**приложение К**).
13. Приложения.

Титульный лист должен содержать все необходимые идентификационные признаки, в частности, название работы, указание автора работы, его группы, руководителя.

На титульном листе подписью руководителя подтверждается допуск выпускной квалификационной работы к защите.

Форма титульного листа приведена в приложении Б.

Титульный лист учитывается в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы, порядковый номер на титульном листе не ставится.

Сопроводительными документами к выпускной квалификационной работе являются:

1. задание на выполнение выпускной квалификационной работы (приложение В);
2. реферат (приложение Г);
3. отзыв руководителя ВКР (приложение Д);
4. отзыв рецензента (приложение Е);
5. документ, подтверждающий использование результатов исследования (приложение Ж);
6. Справка «ВКР-ВУЗ» (приложение И).

Сопроводительные документы подшиваются следом за титульным листом работы, но в общей нумерации страниц выпускной квалификационной работы они не учитываются и порядковые номера на них не ставятся.

Цель составления *задания на выполнение выпускной квалификационной работы* – уяснение замысла работы. Оформление задания на ВКР предполагает составление под контролем руководителя ВКР плана работы. Пример задания на выпускную квалификационную работу приведен в приложении В.

Реферат составляется с целью ознакомления членов ГЭК с основными выходными данными ВКР.

Реферат должен соответствовать требованиям ГОСТ 7.9-95.

В реферате указывается объем пояснительной записки, количество иллюстраций, таблиц, использованных источников. Приводится перечень ключевых слов, характеризующих содержание пояснительной записки. Перечень должен включать от пяти до 15 ключевых слов.

Текст реферата должен характеризовать тему, характер и цель работы. В реферате необходимо указать методы исследований и обработки данных, привести основные проектные решения или результаты исследований, их новизну и эффективность.

Объем реферата не должен превышать одной страницы.

Пример оформления приведен в приложении Г.

Наличие *содержания* (плана работы) позволяет уйти от освещения вопросов, не относящихся к теме работы, обеспечить четкость и последовательность изложения материала, избежать пробелов и повторений, рационально организовать самостоятельный труд, сэкономить время.

Содержание работы помещают после справки о проверке на плагиат. Слово «СОДЕРЖАНИЕ» записывают в виде заголовка симметрично тексту прописными буквами. В содержании работы указывается перечень всех разделов (частей), пунктов и подпунктов выпускной квалификационной работы, а также номера страниц, с которых начинается каждый из них (точно по тексту). Разделы в выпускной квалификационной работе должны иметь порядковые номера, обозначенные арабскими цифрами, в пределах всей работы. Пункты каждого раздела должны иметь двойную нумерацию: 1-я цифра – номер раздела (части), 2-я – номер пункта в данном разделе или части, отделенного от номера раздела точкой. Заголовки содержания долж-

ны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя.

Названия разделов и пунктов не должны дублировать друг друга, а также наименование темы работы. Каждый раздел должен раскрывать часть темы, каждый пункт – часть содержания раздела.

Введение, заключение, список использованных источников включают в содержание, но не нумеруют.

Выполнение выпускной квалификационной работы рекомендуется начинать с написания «ВВЕДЕНИЯ». Естественно, в процессе исследования первичный текст введения будет меняться, иногда очень существенно. Но это не отрицает необходимости на начальном этапе поставить перед собой задачи исследования, отражаемые во введении.

«ВВЕДЕНИЕ» в общем случае имеет следующую структуру:

актуальность темы;

связь решаемых в работе вопросов с общими задачами развития предприятий;

формулировку цели и определение задач работы;

оценка современного состояния техники и технологии в данной области;

перспективы развития при эффективном решении поставленных задач.

Цель выпускной квалификационной работы должна соответствовать названию темы. Цель работы формулируется кратко и точно. Конкретизация цели осуществляется в задачах работы. «Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие задачи выпускной квалификационной работы...:

- ...;

- ...;

- ...

Формулировки задач необходимо делать очень тщательно, так как описание их решения должно составить содержание последующих разделов (пунктов) выпускной квалификационной работы.

После того, как сформулированы цель и задачи, следует указать информационную базу и структуру выпускной работы, а именно:

«Выпускная квалификационная работа состоит из введения, разделов или частей основного текста, заключения, списка использованных источников, приложений».

Введение не должно превышать 2-3 страницы компьютерного набора.

Основная часть пояснительной записки ВКР состоит из разделов:

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ОБОГАЩЕНИЮ МИНЕРАЛЬНОГО ИЛИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ:

1 Общий раздел

- географическое местоположение фабрики, климатические условия района;
- краткая геологическая характеристика месторождения;
- способ добычи и транспортировки руды на промплощадку;
- характеристика руды (гранулометрический, вещественный, минералогический и др. составы руды);
- требования к качеству продукции, практика переработки руд-аналогов

2 Технологический раздел

- обоснование и выбор основной технологической схемы переработки;
- расчет технологического баланса;
- расчет качественно-количественной схемы;
- расчет водно-шламовой схемы;
- выбор и расчет основного и вспомогательного технологического оборудования;
- опробование и контроль;
- компоновочные решения.

3 Специальная часть Изучение состава и свойств отдельно взятого продукта обогащения либо более углубленное изучение конкретного технологического параметра:

- априорная информация;
- проведенные исследования;
- выводы.

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ РЕШЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ (РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ СЫРЬЯ ИЛИ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ):

1 Общий раздел

- существующая практика;
- вещественный состав сырья;
- технология обогащения;
- выявление закономерностей;
- постановка задач исследования

2 Исследования

- обзор и выбор методик;
- методика выполнения работы;
- ход работы;
- обработка результатов;
- оценка результатов

3 Технологическая часть

- выбор схемы;
- расчет качественно-количественной схемы;
- компоновочное решение;
- режим работы фабрики и цехов;
- выбор и расчет основного оборудования.

ОБЩЕЕ ДЛЯ ВСЕХ:

4 Экономическое обоснование. Обоснование экономической жизнеспособности спроектированного предприятия. Расчет производственной программы, капитальных вложений, эксплуатационных затрат на обогащение сырья, объемов продаж и прибылей, технико-экономических показателей.

5 Безопасность производственной деятельности. Промышленная экология.

5.1 Перечень мероприятий по обеспечению безопасности производственной деятельности и перечень мероприятий по охране труда среды.

Промышленная безопасность:

- Класс опасности предприятия по федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ;

- правила эксплуатации основного технологического оборудования;
- правила эксплуатации грузоподъемного оборудования;
- правила работы с опасными веществами, применяемыми на предприятии;
- вентиляция и пылеподавление.

Охрана труда:

- общие сведения об организации условий и охраны труда рабочих и служащих;
- промсанитария;
- средства индивидуальной и коллективной защиты;
- противопожарные мероприятия.

5.2 Перечень мероприятий по охране окружающей среды.

Охрана воздушного бассейна:

- источники вредных выбросов в атмосферу;
- мероприятия по снижению и предотвращению вредных выбросов в атмосферу.

Охрана водного бассейна:

- источники сбросов в водную среду;
- мероприятия по снижению и предотвращению сбросов в водную среду.

Текст работы излагается последовательно, грамотно и аккуратно, при написании работы необходимо употреблять профессиональные термины, избегать сложных грамматических оборотов.

Внутреннее содержание выпускной квалификационной работы должно демонстрировать:

знакомство студента с учебной и научной литературой по теме выпускной квалификационной работы;

умение обобщать и анализировать материалы литературных источников, делать самостоятельные выводы;

владение понятийным и терминологическим аппаратом.

В тексте выпускной квалификационной работы следует избегать использования личных местоимений, заменяя их безличными формами (вместо «я считаю» – «автор считает», «мы полагаем»).

Рекомендуется использование вводных и соединительных слов – *таким образом, из этого следует, в связи и т.д.* – для подчеркивания причинно-следственных связей и выражения личного отношения к излагаемому материалу.

«ЗАКЛЮЧЕНИЕ» содержит краткие выводы, оценку результатов проделанной работы, преимущества принятых решений, основные технико-экономические показатели. В заключении необходимо показать возможность использования результатов работы, указывается вытекающая из конечных результатов ее теоретическая и практическая ценность.

Объем заключения – 3-4 страницы.

Нумерация страниц, на которых приводится текст заключения, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ является составной частью работы и отражает степень изученности рассматриваемых задач. В список использованных источников включаются источники, на которые в работе имеются библиографические ссылки. Используемые источники должны содержать их полное описание по требованиям стандартов.

Пример оформления списка использованных источников представлен в приложении И.

Источники располагаются в порядке упоминания их в основном тексте. Нумерация страниц, на которых приводится список использованных источников, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

В ПРИЛОЖЕНИЯ следует выносить вспомогательный материал, который при включении в основную часть работы загромождает текст. К вспомогательному материалу относятся таблицы цифровых данных, инструкции, методики, иллюстрации вспомогательного характера, заполненные формы документов и др.

Нумерация страниц, на которых даются приложения, должна продолжать общую нумерацию страниц основного текста.

Вся пояснительная записка оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.

Объем выпускной квалификационной работы должен составлять – 70-110 страниц компьютерного набора (без приложений).

Графическая часть

Графический материал является неотъемлемой частью ВКР. Как правило, по объему составляет 6-8 листов формата А1. Графическая часть ВКР включает иллюстрационный и табличный материалы, отражающие суть и основные результаты исследований, а также проектные, конструкторские и технологические решения. Выполняется карандашом или в графическом редакторе с последующей распечаткой на принтере. Графический материал оформляется в соответствии с требованиями государственных стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и системы проектной документации для строительства (СПДС): ГОСТ 21.105-79, ГОСТ 2.316-68; ГОСТ 21.108-68; .ГОСТ 2.108-68; ГОСТ 21.103-78; ГОСТ 2.302-68; ГОСТ 2.303-68; ГОСТ 2.304-81. Выполняются в соответствии с заданием и предоставляются к защите следующие чертежи (графики, иллюстрации):

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ОБОГАЩЕНИЮ МИНЕРАЛЬНОГО ИЛИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ:

1. Качественно-количественная и водно-шламовая схемы.
2. Схема цепи аппаратов.
3. План корпуса дробления.
4. Разрез корпуса дробления.
5. План главного корпуса.
6. Разрез главного корпуса.
7. Генеральный план промплощадки
8. Техничко-экономические показатели

ДЛЯ ВКР, ПРЕДУСМАТРИВАЮЩЕЙ РЕШЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ (РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ СЫРЬЯ ИЛИ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ):

1. Результаты исследования обогатимости (технологического показателя).
2. Графики по результатам исследований.
3. Качественно-количественная схема.
4. Схема цепи аппаратов.
5. Компонировочное решение.
6. Экономические показатели.
7. План цеха обогащения
8. Разрез цеха обогащения

Данный список носит рекомендательный, но не обязательный характер, по усмотрению руководителя графическая часть может изменяться в соответствии с решаемыми в ВКР задачами.

1.1.6 Руководство выпускной квалификационной работой

Руководство и контроль выполнения ВКР осуществляет руководитель ВКР. Руководитель ВКР:

- помогает обучающемуся с выбором темы и разработкой плана работы;
- оказывает обучающемуся помощь в разработке календарного графика выполнения выпускной квалификационной работы;
- рекомендует обучающемуся необходимую литературу, нормативные правовые акты по теме;
- контролирует ход работы и информирует кафедру о состоянии дел;
- дает подробный отзыв на законченную работу.

1.2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1.2.1 Основные этапы и сроки выполнения выпускной квалификационной работы

При выдаче задания составляется календарный график работы с указанием сроков окончания и представления законченной работы.

Рекомендуется следующая последовательность выполнения выпускной квалификационной работы:

- выбор темы работы, её утверждение;
- подбор литературы, нормативной документации и ознакомление с ними, составление литературного обзора по проблеме исследования;
- сбор и обобщение аналитических материалов, анализ;

написание работы и представление её руководителю, доработка по замечаниям руководителя;

написание введения и заключения, подготовка списка использованных источников, приложений, представление работы руководителю ВКР;

прохождение нормоконтроля, исправление замечаний по оформлению работы;

проверка в системе «ВКР-ВУЗ. ВУЗ»;

размещение работы в портфолио;

подготовка к защите выпускной квалификационной работы: подготовка презентационных материалов, оформление документов на выпускную квалификационную работу.

1.2.2 Подготовка к защите выпускной квалификационной работы

Законченная ВКР (пояснительная записка с графической частью), подписанная обучающимся, передается нормоконтролеру для проверки соответствия оформления работы предъявляемым требованиям, далее – руководителю ВКР для составления письменного отзыва руководителя. В отзыве руководителя указываются сведения об актуальности темы работы, достоинства и недостатки работы, оценка полученных результатов, оценка подготовленности студента, инициативности и самостоятельности при решении задач выпускной квалификационной работы, умение студента работать с литературными источниками, нормативными правовыми актами и способность ясно и четко излагать материал, соблюдение правил и качества оформления работы. Должно быть уделено внимание оценке выпускника по личностным характеристикам (ответственность, дисциплинированность, самостоятельность, активность, творчество, инициативность и т. д.), проявленным способностям, достигнутым результатам в формировании компетенций выпускника данной программы, мотивируется возможность или невозможность представления выпускной квалификационной работы на защиту в государственной экзаменационной комиссии.

Отзыв внешнего рецензента должен содержать оценку проделанной работы, ее практическую значимость и замечания к работе.

Текст ВКР должен быть проверен на наличие заимствований в системе «ВКР-ВУЗ». ВКР размещается в портфолио не позднее, чем за 2 дня до защиты.

Перед защитой студентом представляются в ГЭК следующие документы:

1) ВКР с титульным листом, подписанным выпускником, руководителем, рецензентом, нормоконтролером;

2) задание на выполнение работы с отметками сроков подготовки работы, подписанное руководителем;

3) отзыв руководителя ВКР;

4) отзыв рецензента;

5) отчет о проверке в системе «ВКР-ВУЗ».

Готовясь к защите работы, студент составляет тезисы выступления, содержащего наиболее важные и интересные результаты.

Доклад на защите выпускной квалификационной работы, как правило, не должен превышать 7-10 мин. Студент должен не просто излагать, а защищать положения своей работы.

1.2.3 Защита выпускной квалификационной работы

Защита выпускной квалификационной работы проводится на открытом заседании ГЭК.

Порядок защиты:

-председатель ГЭК объявляет фамилию, имя и отчество выпускника, название работы;

-доклад, в течении которого студент должен кратко сформулировать актуальность, цель и задачи работы, изложить основные результаты, выводы и рекомендации.

Студент может пользоваться заранее подготовленными тезисами доклада, но излагать основное содержание своей выпускной квалификационной работы свободно, не читая письменного текста.

Все принципиальные положения выпускной квалификационной работы должны быть представлены на демонстрационном материале. К демонстрационным материалам относится графическая часть выпускной квалификационной работы (таблицы, диаграммы, планы, схемы, иллюстрации и пр.), оформленная по всем правилам технической документации. Во время доклада необходимо ссылаться на эти материалы;

- после окончания доклада члены ГЭК и присутствующие на защите предлагают выпускнику вопросы, имеющие непосредственное отношение к теме работы. Ответ на вопрос озвучивается сразу после вопроса;

- зачитывается рецензия на выпускную квалификационную работу;

- зачитывается отзыв руководителя ВКР;

- если у руководителя и рецензента есть замечания к работе, студент должен либо признать их, либо аргументировать свою точку зрения;

- председатель ГЭК предоставляет желающим слово для выступления, после чего объявляет об окончании защиты.

После окончания защиты проводится закрытое заседание ГЭК (возможно с участием руководителей), на котором определяются итоговые оценки по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). После закрытого обсуждения председатель объявляет решение ГЭК. Протокол заседания ГЭК ведется секретарем. В него вносятся заданные вопросы, особые мнения, решение комиссии об оценке.

II КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Оценка выпускной квалификационной работы производится по пяти группам критериев:

Система оценивания государственной итоговой аттестации

Оценочное средство	Балловая стоимость	Критерии начисления баллов
Выпускная квалификационная работа	2-5 баллов	Качество и уровень выполненной работы, степень самостоятельности исполнения, правильность оформления, достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов. Оценивается по пояснительной записке и графической части.
Отзыв руководителя ВКР	2-5 баллов	Оценивается по отзыву руководителя
Отзыв рецензента ВКР	2-5 баллов	Оценивается по отзыву рецензента
Качество доклада	2-5 баллов	Качество устного доклада: логичность, точность формулировок; презентационные навыки: последовательность изложения материала, соблюдение временных требований, контакт с аудиторией, язык изложения;
Ответы на вопросы (проверка общекультурных и общепрофессиональных компетенций)	2-5 баллов	Качество ответов на вопросы членов ГЭК: глубина, правильность и полнота ответов, аргументированность, убежденность, общая эрудиция; качество ответов на замечания рецензента: логичность, глубина, правильность и полнота ответов.
Итого средняя оценка	2-5 баллов	

Оценка **«отлично»** ставится, если ВКР выполнена самостоятельно имеет творческий характер, обладает элементами новизны, выполнена в полном соответствии с требованиями. Собран, обобщен и проанализирован достаточный объем теоретических и нормативных правовых источников, специальной литературы. Собран, обобщен и проанализирован достаточный объем статистической информации. При написании и защите работы выпускником продемонстриро-

ван высокий уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, глубокие теоретические знания и наличие практических навыков. ВКР хорошо оформлена и своевременно представлена на кафедру, полностью соответствует требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению ВКР. Тема полностью раскрыта. На защите освещены все вопросы, ответы на вопросы профессионально грамотны. Доклад сопровождается презентацией. ВКР имеет положительную рецензию. Средняя оценка **от 4,5 баллов включительно до 5 баллов**.

Оценка **«хорошо»** ставится, если тема работы раскрыта, однако выводы и рекомендации не оригинальны, есть неточности при освещении отдельных вопросов темы; собран, обобщен и проанализирован необходимый объем нормативных правовых актов, специальной литературы по направлению подготовки. При написании и защите работы продемонстрирован средний уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций. ВКР своевременно представлена на кафедру. Доклад сопровождается презентацией. Были неполные ответы на вопросы. ВКР имеет положительную рецензию. Средняя оценка **от 3,5 баллов включительно до 4,5 баллов**.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если тема работы раскрыта частично, но в основном правильно, допущено поверхностное изложение отдельных вопросов. При написании и защите работы выпускником продемонстрирован удовлетворительный уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций. ВКР своевременно представлена на кафедру. Доклад сопровождается презентацией. В процессе защиты выпускник недостаточно полно изложил основные положения работы, испытывал затруднения при ответах на вопросы. ВКР имеет положительную рецензию. Средняя оценка **от 2,5 баллов включительно до 3,5 баллов**.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если содержание работы не раскрывает тему, нет анализа практического материала, основные положения и рекомендации не имеют обоснования; при написании и защите работы выпускником продемонстрирован неудовлетворительный уровень сформированности общекультурных и профессиональных компетенций. Работа своевременно представлена на кафедру. На защите выпускник показал поверхностные знания по исследуемой теме, ответы на вопросы неудовлетворительные. Средняя оценка **ниже 2,5 баллов**.

III ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Оценочными средствами результатов обучения на этапе государственной итоговой аттестации являются выпускная квалификационная работа и ее защита по установленной процедуре (доклад, презентация, ответы на вопросы), позволяющие сделать вывод о сформированности компетенций.

3.1 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

1. Проект обогатительной фабрики производительностью _____ млн т для обогащения _____ руд(ы) месторождения _____.;
2. Разработка технологии обогащения руды _____ месторождения;
3. Изучение закономерностей обогащения _____ руды _____ месторождения.

3.2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ, ОЦЕНИВАЮЩИЕ СФОРМИРОВАННОСТЬ ОБЩЕКУЛЬТУРНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

1. Каковы главные особенности научного знания в отличие от религиозных представлений о мире?
2. Что, по вашему мнению, является важнейшим фактором развития общества в современном мире?

3. В каких формах осуществляется влияние научного знания на развитие экономики, культуры, духовной жизни и общества в целом?
5. Каково значение коммуникативных навыков для успешной деятельности производственного коллектива?
6. В чем вы видите основные причины необходимости овладения навыками общения на иностранном языке для успешного решения профессиональных задач в современных условиях?
7. В чем проявляется толерантность в восприятии социальных, этнических, конфессиональных и культурных различий?
8. Чем обусловлена необходимость овладения правовой культурой для достижения высоких экономических результатов в современных условиях?
9. Какая формулировка образовательных потребностей специалиста в современных условиях является более актуальной: «образование для всей жизни» или «образование в течение всей жизни»?
10. В чем состоит профессиональная самореализация работника?
11. В чем вы видите значение здорового образа жизни, овладения методами и средствами физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности?
12. Чем обусловлена в настоящее время необходимость овладения приемами первой помощи, методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций?
13. Каков порядок действий технолога цеха при обнаружении пожара?
14. Каков порядок действий технолога цеха в чрезвычайной ситуации (стихийное бедствие)?
15. Каковы экономические последствия недоизвлечения полезного компонента в концентрат обогащения?
16. Какие меры может предпринять технолог для повышения экономической эффективности предприятия в целом?
17. Как Вы считаете, какие методы обогащения в течение ближайших 10 лет будут наиболее востребованы?
18. Объясните, как Вы понимаете термин «техногенное сырьё». Каковы перспективы развития обогащения этого вида сырья?
19. Как Вы думаете, какие методы обогащения могут быть применены при переработке твердых бытовых отходов?
20. Какова, на Ваш взгляд, роль высшего технического образования для подготовки кадров в области обогащения полезных ископаемых?

3.3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ, ОЦЕНИВАЮЩИЕ СФОРМИРОВАННОСТЬ ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

1. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе инженера-технолога на производстве?
2. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе инженера-исследователя в научно-исследовательском секторе?
3. Каковы, на Ваш взгляд, основные информационные источники необходимые в работе инженера-проектировщика в проектной организации?
4. Перечислите основные требования информационной безопасности, применяемые на современных предприятиях.
5. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для инженера-технолога на производстве?
6. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для инженера-исследователя в научно- исследовательском секторе?

7. Какие основные формы устного и письменного общения являются традиционными для инженера-проектировщика в проектной организации?
8. Каковы основные права и обязанности мастера смены?
9. Каковы основные права и обязанности заведующего научно-исследовательской лабораторией?
10. Каковы основные права и обязанности главного технолога?
11. Перечислите основные направления рационального и комплексного освоения недр при переработке твёрдых полезных ископаемых.
12. Как Вы понимаете термин «ресурсосбережение»? Как это учтено в Вашей ВКР?
13. Какова величина санитарной защитной зоны предприятия, представленного в Вашей ВКР?
14. Приведите пример отечественной или зарубежной обогатительной фабрики, частично или полностью расположенной под землёй.
15. Назовите основные методы расчёта технологических схем обогащения с использованием ПК.
16. Какие критерии оценки числовых данных вы знаете?
17. Как Вы считаете, какова перспектива развития и использования облачных технологий и Интернета вещей применительно к технологическим процессам на современных обогатительных фабриках.
18. Как можно управлять качеством руды, поступающей на обогатительную фабрику после рудоподготовительного передела?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

форма заявления на утверждение темы ВКР

Зав. кафедрой _____
Фамилия И. О.
студента группы _____
Фамилия Имя Отчество

Заявление на утверждение темы выпускной квалификационной работы

Прошу утвердить тему выпускной квалификационной работы (из числа предложенных университетом):

(название темы)

Прошу утвердить самостоятельно определенную тему выпускной квалификационной работы

(название темы)

Руководитель ВКР: _____
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание, должность)

Дата: _____

Подпись студента: _____

Подпись руководителя: _____

Решение зав. кафедрой
«Утверждаю»

«__» _____ 20__ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

форма титульного листа ВКР

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Специальность: 21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО

Специализация: ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ОПИ)

Кафедра ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА СПЕЦИАЛИСТА

НАЗВАНИЕ ТЕМЫ

Пояснительная записка

Студент:

И. О. Фамилия

подпись, дата

Группа:

Руководитель ВКР:

И. О. Фамилия

подпись, дата

Нормоконтроль:

И. О. Фамилия

подпись, дата

Рецензент:

И. О. Фамилия

подпись, дата

Екатеринбург

20____

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Пример оформления задания на выполнение ВКР

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет	Заочный
Кафедра	«Обогащение полезных ископаемых»
Специальность	21.05.04 Горное дело
Направленность (профиль)	«Обогащение полезных ископаемых»

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой

_____ Ф. И. О

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

Студенту _____ **Фамилия Имя Отчество**
(фамилия, имя, отчество полностью)

1. Тема ВКР

Обогатительная фабрика производительностью 7,0 млн тонн/год
для обогащения асбестовой руды Баженовского месторождения

должность, учёное звание

Ф. И. О. руководителя ВКР

Фамилия Имя Отчество

2. Срок сдачи студентом ВКР «___» _____ 20__ г.

3. Исходные данные к ВКР

$D_{\max}=900$ мм; массовая доля асбеста в исходной руде 2,1 %; массовую долю асбеста
в продуктах обогащения и извлечение принять по данным практики

4. Содержание расчетно-пояснительной записки:

4.1. Общий раздел

Местоположение предприятия, климатические условия района.

Краткая геологическая характеристика месторождения. Способ добычи и
транспортировки руды на промплощадку. Характеристика руды.

Практика переработки руд-аналогов

4.2. Специальный раздел

по заданию руководителя

4.3. Технологический раздел

Обоснование и выбор технологической схемы переработки.

Расчет технологического баланса. Расчет качественно-количественной схемы.

Выбор и расчет основного и вспомогательного технологического оборудования.

Опробование и контроль. Компонентные решения.

4.4. Экономическое обоснование _____ по заданию руководителя _____.

4.5. Безопасность производственной деятельности и промышленная экология

Перечень мероприятий по обеспечению безопасности производственной деятельности

Перечень мероприятий по охране окружающей среды

5. Графический материал

9. Качественно-количественная и водно-шламовая схемы.

10. Схема цепи аппаратов.

11. План корпуса дробления.

12. Разрез корпуса дробления.

13. План главного корпуса.

14. Разрез главного корпуса.

15. Генеральный план промплощадки

16. Техничко-экономические показатели

Всего 8 листов формата А1

6. График выполнения выпускной квалификационной работы

Наименование раздела ВКР	Срок выполнения
1. Общий раздел	
2. Специальный раздел	
3. Технологический раздел	
4. Экономическое обоснование	
5. Безопасность производственной деятельности и промышленная экология	
Графический материал	

Дата выдачи задания "___" _____ 20___ г.

Руководитель ВКР _____ / И. О. Фамилия /
(подпись)

Задание на ВКР получил _____ / И. О. Фамилия /
(подпись)

Примечание: Задание оформляется в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре, другой выдается студенту и подшивается к пояснительной записке.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Пример оформления реферата ВКР

РЕФЕРАТ

СТУДЕНТ: Фамилия Имя Отчество

ГРУППА: ОПИ-13

РУКОВОДИТЕЛЬ: должность, уч. звание Фамилия Имя Отчество

ТЕМА:

Название ВКР в соответствии с заданием

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: 5-7 слов и/или словосочетаний, характеризующих работу

В РАБОТЕ РАССМОТРЕНЫ ВОПРОСЫ: практика и технология обогащения

ИЗУЧЕНО: гранулометрический и вещественный состав сырья,

ВЫПОЛНЕНО: исследование обогатимости _____ (указать вид сырья) методами _____ обогащения, выбор основного и вспомогательного технологического оборудования для обогащения по данной технологии, ... и т. д.

ПРЕДЛОЖЕНО: технологическая схема переработки, вариант компоновки оборудования в цехах.

ВКР содержит ____ страниц, ____ рисунков, ____ таблиц.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Пример отзыва руководителя на ВКР

ОТЗЫВ РУКОВОДИТЕЛЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Выпускная квалификационная работа выполнена

Студентом (кой) *Фамилия Имя Отчество*

Специальность *21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО*

Специализация *«Обогащение полезных ископаемых»*

Кафедра *Обогащение полезных ископаемых*

Группа *ОПИ-14*

Руководитель *должность, учёное звание*

Фамилия Имя Отчество

Общая характеристика работы студента в период выполнения ВКР:

Актуальность темы _____

Степень достижения целей ВКР _____

Общая характеристика теоретической части (глубина разработки проблемы, логика изложения и проч.) _____

Общая характеристика практической части работы (наличие элементов практической новизны, наличие и значимость практических предложений и рекомендаций) _____

Степень владения профессиональными знаниями, умениями и навыками _____

Замечания к ВКР _____

Заключение: *Выпускная квалификационная работа студента Фамилия И. О. может быть рекомендована к защите. Оценка _____*

Руководитель: _____ «__» _____ 20__ г.
подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Форма отзыва рецензента о ВКР

ОТЗЫВ РЕЦЕНЗЕНТА О ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Ф. И.О. выпускника
специальность

Фамилия Имя Отчество
21.05.04 ГОРНОЕ ДЕЛО

специализация

Обогащение полезных ископаемых

Форма обучения

очная, заочная

Тема рецензируемой работы *НАЗВАНИЕ*

Рецензент
место работы, должность
(при наличии)

Фамилия Имя Отчество

Заключение о степени соответствия выпускной квалификационной работы заданию

Оценка сформированности компетенций, предусмотренных федеральным государственным образовательным стандартом:

ВКР демонстрирует (высокий, средний, низкий) уровень сформированности общекультурных компетенций и (высокий, средний, низкий) уровень сформированности профессиональных компетенций.

Замечания и рекомендации по ВКР _____

Оценка ВКР _____

Рецензент: _____ И. О. Фамилия
(подпись)

« _____ » _____ 20 ____ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Пример оформления документа, подтверждающего использование результатов ВКР

СПРАВКА
об использовании результатов выпускной квалификационной работы
на тему: «_____»

Выводы и предложения, представленные в исследовании Петрова И. С., нашли применение в практической деятельности общества с ограниченной ответственностью «Мир», в частности, при

Рекомендации автора по совершенствованию деятельности организации взяты за основу при разработке перспективных направлений развития общества с ограниченной ответственностью «Мир».

Директор ООО «Мир» _____ И.О. Фамилия
(подпись)
М.П.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Справка о результатах проверки на наличие заимствований (ВКР-ВУЗ)



СПРАВКА

о результатах проверки на наличие заимствований

Уникальный код справки: 1-323749-30452

Ф.И.О. автора проверяемой работы: Митина Наталья Сергеевна

Тема работы: Проект обогатительной фабрики для переработки медно-цинковой руды производительностью 9 млн т/год

Руководитель: Овчинникова Татьяна Юрьевна

Информация о документе:

Имя исходного файла: ВКР_МитинаН.С...docx.pdf

Тип документа: ВКР

Источники цитирования *

#	Доля в отчете	Источник (ссылка)	Где найдено (Модуль поиска)
1	26.76%	Работа «Проект обогатительной фабрики производительностью 5 млн т/год для обогащения медно-цинковой руды Гайского месторождения» студента «Шмаков Александр Андреевич» организации «Уральский государственный горный университет» ()	Модуль поиска Интернет
2	0.45%	Тема: Обогатительная фабрика производительностью 2 млн. т/год для переработки руды Гайского месторождения (http://bibliofond.ru/view.aspx?id=556157)	Модуль поиска Интернет
3	0.40%	Тема: Построение и расчет сетей с использованием технологий Wi-Fi и WiMAX (http://bibliofond.ru/view.aspx?id=669107)	Модуль поиска Интернет
4	0.20%	Безопасность жизнедеятельности на производстве (http://www.ronl.ru/referaty/bezopasnost_zhiznideyatelnosti/54551/)	Модуль поиска Интернет
5	0.20%	Вредные факторы производственной среды (http://www.ronl.ru/referaty/bzhd/361122/)	Модуль поиска Интернет

* Таблица формируется системой «ВКР-ВУЗ».

Уникальность текста: 70.97%

подпись студента

расшифровка подписи

подпись ответственного за
проверку

расшифровка подписи

дата

дата

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Пример оформления списка использованных источников

1. Деркач В. Г. Специальные методы обогащения полезных ископаемых. М.: Недра, 1966. – 338 с.
2. Кармазин В. В., Кармазин В. И. Магнитные и электрические методы обогащения: учеб. для вузов. М.: Недра, 1988. – 304 с.
3. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (с изм. и доп.).
4. Ленуар М. Р., Гладков С. А. Новые направления в конструировании сухих магнитных сепараторов высокой напряжённости на постоянных магнитах // Обогащение руд. 1998. № 1. – С. 35-37.
5. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам (ред. от 22.06.2006).
6. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003.
7. Пелевин А. Е. Разделение вторичных металлов в магнитных и электрических полях: учеб. пос. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1996. – 100 с.
8. Справочник по обогащению руд. Основные процессы. М.: Недра, 1982. – 361 с.
9. Справочник по обогащению руд. Обогащительные фабрики. М.: Недра, 1984. – 358 с.
10. Справочник по обогащению руд чёрных металлов. М.: Недра, 1980. – 527 с.
11. Сумцов В. П. Электромагнитные железоотделители. М.: Машиностроение, 1978. – 174 с.

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ.....	8
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....	12
ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ.....	13
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	28

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;
2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине *«Технологии интеллектуального труда»* обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче зачета.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *«Технологии интеллектуального труда»* являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. ответы на вопросы для самопроверки, подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий);
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Особенности информационных технологий для людей с ограниченными возможностями.

Информационные технологии

Универсальный дизайн

Адаптивные технологии

Тема 2. Тифлотехнические средства/ Сурдотехнические средства/ Адаптивная компьютерная техника (Материал изучается по подгруппам в зависимости от вида ограничений здоровья обучающихся)

Брайлевский дисплей

Брайлевский принтер

Телевизионное увеличивающее устройство

Читающая машина

Экранные лупы

Синтезаторы речи

Ассистивные тифлотехнические средства

Ассистивные сурдотехнические средства

Адаптированная компьютерная техника

Ассистивные технические средства

Тема 3. Дистанционные образовательные технологии

Дистанционные образовательные технологии

Информационные объекты

Тема 4. Интеллектуальный труд и его значение в жизни общества

Система образования

Образовательная среда вуза

Интеллектуальный труд

Интеллектуальный ресурс

Интеллектуальный продукт

Тема 5. Развитие интеллекта – основа эффективной познавательной деятельности

Личностный компонент

Мотивационно-потребностный компонент

Интеллектуальный компонент

Организационно-деятельностный компонент

Гигиенический компонент

Эстетический компонент

Общеучебные умения

Саморегуляция

Тема 6. Самообразование и самостоятельная работа студента – ведущая форма умственного труда.

Самообразование

Самостоятельная работа студентов

Технологии интеллектуальной работы

Технологии групповых обсуждений

Тема 7. Технологии работы с информацией студентов с ОВЗ и инвалидов

Традиционные источники информации

Технологии работы с текстами

Технологии поиска, фиксирования, переработки информации

Справочно-поисковый аппарат книги

Техника быстрого чтения

Реферирование

Редактирование

Технология конспектирования

Методы и приемы скоростного конспектирования

Тема 8. Организация научно-исследовательской работы

Доклад

Реферат

Курсовая работа

Выпускная квалификационная работа

Техника подготовки работы

Методика работы над содержанием Презентация

Тема 9. Тайм-менеджмент

Время

Планирования времени

Приемы оптимизации распределения времени

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным;
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);
- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;
- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;
- все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);
- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;
- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьезный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением,

содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении

конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их требуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с опросником «Саморегуляция» (ОС) (модификация методики А.К. Осницкого) оцените свои качества, возможности, отношение к деятельности в протоколе (132 высказывания) по 4-х бальной шкале: 4 балла – да; 3 балла – пожалуй да; 2 балла – пожалуй нет; 1 балл – нет.

Текст опросника

1. Способен за дело приниматься без напоминаний.
2. Планирует, организует свои дела и работу.
3. Умеет выполнить порученное задание.
4. Хорошо анализирует условия.
5. Учитывает возможные трудности.
6. Умеет отделять главное от второстепенного.
7. Чаще всего избирает верный путь решения задачи.
8. Правильно планирует свои занятия и работу.
9. Пытается решить задачи разными способами.
10. Сам справляется с возникающими трудностями.
11. Редко ошибается, умеет оценить правильность действий.
12. Быстро обнаруживает свои ошибки.
13. Быстро находит новый способ решения.
14. Быстро исправляет ошибки.
15. Не повторяет ранее сделанных ошибок.
16. Продумывает свои дела и поступки.
17. Хорошо справляется и с трудными заданиям.
18. Справляется с заданиями без посторонней помощи.
19. Любит порядок.
20. Заранее знает, что будет делать.
21. Аккуратен и последователен.
22. Продумывает, все до мелочей.
23. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.
24. Старателен, хотя часто не выполняет заданий.
25. Долго готовится, прежде чем приступить к делу.
26. Избегает риска.
27. Сначала обдумывает, потом делает.
28. Решения принимает без колебаний.
29. Уверенный в себе.
30. Действует решительно, настойчив.
31. Предприимчивый, решительный.
32. Активный.
33. Ведущий.
34. Реализует почти все, что планирует.
35. Начатое дело доводит до конца.
36. Предпочитает действовать, а не обсуждать.
37. Обдумывает свои дела и поступки.

38. Анализирует свои ошибки и неудачи.
39. Планирует дела, рассчитывает свои силы.
40. Прислушивается к замечаниям.
41. Редко повторяет одну и ту же ошибку.
42. Знает о своих недостатках.
43. Сделает задание на совесть.
44. Как всегда делает на отлично.
45. Для него важно качество, а не отметка.
46. Всегда проверяет правильность работы.
47. Старается довести дело до конца.
48. Стирается добиться лучших результатов.
49. Действует самостоятельно, мало советуясь с другими.
50. Предпочитает справляться с трудностями сам.
51. Может принять не зависимое от других решение.
52. Любит перемену в занятиях.
53. Легко переключается с одной работы на другую.
54. Хорошо ориентируется в новых условиях.
55. Аккуратен.
56. Внимателен.
57. Усидчив.
58. С неудачами и ошибками обычно справляется.
59. Неудачи активизируют его.
60. Старается разобраться в причинах неудач.
61. Умеет мобилизовать усилия.
62. Взвешивает все «за» и «против».
63. Старается придерживаться правил.
64. Всегда считается с мнением других.
65. Его нетрудно убедить в чем-то.
66. Прислушивается к замечаниям.
67. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело.
68. Не планирует, мало организует свои дела, и работу.
69. Не выполняет заданий оттого, что отвлекается.
70. Условия анализирует плохо.
71. Не учитывает возможных трудностей.
72. Не умеет отделять главное от второстепенного.
73. Пути решения выбирает не лучшие.
74. Не умеет планировать работу и занятия.
75. Не пытается решать задачи разными способами.
76. Не может справиться с трудностями без помощи других.
77. Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет.
78. С трудом находит ошибки в своей работе.
79. С трудом находит новые способы решения.
80. С большим трудом и долго исправляет ошибки.
81. Повторяет одни и те же ошибки.

82. Часто поступает необдуманно, импульсивно.
83. С трудными заданиями справляется плохо.
84. Не справляется с заданием без напоминаний и помощи.
85. Не любит порядок.
86. Часто не знает заранее, что ему предстоит делать.
87. Непоследователен и неаккуратен.
88. Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением.
89. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
90. Не очень старателен, но задания выполняет.
91. Приступает к делу без подготовки.
92. Часто рискует, ищет приключений.
93. Сначала сделает, лотом подумает.
94. Решения принимает после раздумий и колебаний.
95. Часто сомневается в своих силах.
96. Нерешителен, небольшие помехи уже останавливают его.
97. Нерешительный.
98. Вялый, безучастный.
99. Ведомый.
100. Задумывает много, а делает мало.
101. Редко, когда начатое дело доводит до конца.
102. Предпочитает обсуждать, а не действовать.
103. Действует без раздумий, «с ходу».
104. Не анализирует ошибок.
105. Не планирует почти ничего, не рассчитывает своих сил.
106. Не прислушивается к замечаниям.
107. Часто повторяет одну и ту же ошибку.
108. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
109. Сделает «спустя рукава».
110. Сделает как получится.
111. Сделает из-за угрозы получения плохой оценки.
112. Не проверяет правильность результатов своих действий.
113. Часто бросает работу, не доделав ее.
114. Результат неважен – лишь бы поскорее закончить работу.
115. О его трудностях и делах знают почти все.
116. Всегда надеется на друзей, на их помощь.
117. Действует по принципу: как все, так и я!
118. Любит однообразные занятия.
119. С трудом переключается с одной работы на другую.
120. Плохо ориентируется в новых условиях.
121. Неаккуратен.
122. Невнимателен.
123. Неусидчив.
124. Ошибку может исправить, если его успокоить.
125. Неудачи быстро сбивают с толку.

126. Равнодушен к причинам неудач.
127. С трудом мобилизуется на выполнение задания.
128. Поступает необдуманно, импульсивно.
129. Не придерживается правил.
130. Не считается с мнением окружающих.
131. Его трудно убедить в чем-либо.
132. Не прислушивается к замечаниям.

Ключ для обработки и интерпретации данных

В тесте оценивается 132 характеристики саморегуляции. Они разбиты на тройки.

Всего 22 пары противоположных характеристик.

1. Целеполагание - 23. Неустойчивость целей.
2. Моделирование условий - 24. Отсутствие анализа условий.
3. Программирование действий - 25. Спонтанность действий.
4. Оценивание результатов - 26. Ошибки в работе.
5. Коррекции результатов и способ» действий - 27. Повторные ошибки.
6. Обеспеченность регуляции в целом - 28. Импульсивность.
7. Упорядоченность деятельности - 29. Непоследовательность, неаккуратность.
8. Детализация регуляции действий - 30. Поверхностность.
9. Осторожность в действиях - 31. Необдуманность, рискованность.
10. Уверенность в действиях - 32. Неуверенность в своих силах.
11. Инициативность в действиях - 33. Нерешительность.
12. Практическая реализуемость намерений - 34. Незавершенность дел.
13. Осознанность действий - 35. Действия наобум.
14. Критичность в делах и поступках - 36. Равнодушие к недостаткам.
15. Ориентированность на оценочный балл - 37. Попустительство.
16. Ответственность в делах и поступках - 38. Безответственность в делах.
17. Автономность - 39. Зависимость в действиях.
18. Гибкость, пластичность в действиях - 40. Инертность в работе.
19. Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий - 41. «Плохиш».
20. Практичность, устойчивость в регуляции действий - 42. Равнодушие к ошибкам, неудачам.
21. Оптимальность (адекватность) регуляции усилий - 43. Отсутствие последовательности.
22. Податливость воспитательным воздействиям - 44. Самодостаточность.

Необходимо найти сумму в каждой из троек характеристик и сопоставить ее с их противоположностью.

4-6 баллов - слабое проявление характеристики.

7-9 баллов - ситуативное проявление.

10-12 баллов - выраженность характеристики.

Бланк для ответов

ФИ _____
Пол _____ Возраст (дата рождения) _____ Гр. _____ Дата _____ № _____

Шкала ответов

4 – да; 3 – пожалуй да; 2 – пожалуй нет; 1 – нет.

№			S		№	
1	1			23	67	
	2				68	
	3				69	
2	4			24	70	
	5				71	
	6				72	
3	7			25	73	
	8				74	
	9				75	
4	10			26	76	
	11				77	
	12				78	
5	13			27	79	
	14				80	
	15				81	
6	16			28	82	
	17				83	
	18				84	
7	19			29	85	
	20				86	
	21				87	
8	22			30	88	
	23				89	
	24				90	
9	25			31	91	
	26				92	
	27				93	
10	28			32	94	
	29				95	
	30				96	
11	31			33	97	
	32				98	
	33				99	
12	34			34	100	
	35				101	
	36				102	
13	37			35	103	
	38				104	
	39				105	
14	40			36	106	
	41				107	
	42				108	
15	43			37	109	
	44				ПО	
	45				111	

S

16	46			38	112	
	47				113	
	48				114	
17	49			39	115	
	50				116	
	51				117	
18	52			40	118	
	53				119	
	54				120	
19	55			41	121	
	56				122	
	57				123	
20	58			42	124	
	59				125	
	60				126	
21	61			43	127	
	62				128	
	63				129	
22	64			44	130	
	65				131	
	66				132	

Качественные характеристики саморегуляции

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
1	Целеполагание	За дело приниматься без напоминаний, планирует, организует свои дела и работу. Задания и поручения выполняет.	23	Неустойчивость целей	Не планирует, мало организует свою работу. Нужно напоминать о том, что необходимо закончить дело. Отвлекается.
2	Моделирование условий	Анализирует условия предстоящей деятельности, возможные трудности. Выделяет главное.	24	Отсутствие анализа условий	Не умеет отделять главное от второстепенного. Не предвидит ход дел, возможные трудности.
3	Программирование действий	Правильно планирует свои занятия и работу, избирает верный путь решения задачи.	25	Спонтанность действий	Не умеет планировать работу в занятия, затрудняется в выборе путей решения задач.
4	Оценивание результатов	Редко ошибается, умеет оценить правильность действий. Быстро обнаруживает	26	Ошибки в работе	Часто допускает ошибки в работе, часто их повторяет. Не находит ошибок в своей

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
		свои ошибки.			работе.
5	Коррекция результатов и способов действий	Быстро находит новый способ решения. Быстро исправляет ошибки.	27	Повторные ошибки	С трудом находит новые способы решения. Повторяет одни и те же ошибки.
6	Обеспеченность регуляции в целом	Продумывает свои дела и поступки. Справляется с заданиями без посторонней помощи.	28	Импульсивность	Часто поступает необдуманно, импульсивно. С трудными заданиями справляется плохо.
7	Упорядоченность деятельности	Любит порядок. Аккуратен и последователен.	29	Непоследовательность	Часто не знает заранее, что ему предстоит делать, непоследователен и неаккуратен.
8	Детализация регуляции действий	Продумывает, все до мелочей. Ошибается чаще из-за того, что смысл задания целом не понят, хотя все детали продуманы.	30	Поверхностность	Ограничивается лишь общими сведениями, общим впечатлением. Ошибается чаще из-за того, что не продуманы мелочи, детали.
9	Осторожность в действиях	Долго обдумывает и готовится, прежде чем приступить к делу. Избегает риска.	31	Необдуманность, рискованность	Приступает к делу без подготовки. Сначала делает, лотом подумает.
10	Уверенность в действиях	Уверенный в себе. Решения принимает без колебаний. Решителен. Настойчив.	32	Неуверенность в своих силах	Решения принимает после колебаний. Сомневается в своих силах. Нерешителен.
11	Инициативен в действиях.	Предприимчивый, решительный. Активный. Ведущий.	33	Нерешительность	Нерешительный. Вялый, безучастный. Ведомый.
12	Практическая реализуемость намерений	Реализует почти все, что планирует. Начатое дело доводит до конца.	34	Незавершенность дел	Редко, когда начатое дело доводит до конца. Предпочитает обсуждать, а не действовать.

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
13	Осознанность действий	Обдумывает, планирует свои дела и поступки. Анализирует свои ошибки и неудачи.	35	Действия наобум	Действует без раздумий, «с ходу», не рассчитывает своих сил.
14	Критичность в делах и поступках	Знает о своих недостатках. Редко повторяет ошибки. Прислушивается к замечаниям.	36	Равнодушие к недостаткам	Часто повторяет одну и ту же ошибку. Не хочет знать и исправлять свои недостатки.
15	Ориентированность на оценочный балл	Сделает задание на совесть. Для него важно качество, а не отметка.	37	Попустительство	Делает все «спустя рукава», как получится. Делает из-за угрозы плохой оценки.
16	Ответственность в делах и поступках	Гарантирует доведение дел до конца. Всегда проверяет правильность работы.	38	Безответственность в делах	Не проверяет результатов своих действий. Часто бросает работу, не доделав до конца.
17	Автономность	Действует и принимает самостоятельные решения. Предпочитает сам справляться с трудностями.	39	Зависимость в действиях	Всегда надеется на друзей, на их помощь.
18	Гибкость, пластичность в действиях	Легко переключается с одной работы на другую. Хорошо ориентируется в новых условиях.	40	Инертность в работе	Любит однообразные занятия. С трудом переключается с одной работы на другую.
19	Вовлечение полезных привычек в регуляцию действий	Аккуратен. Внимателен. Усидчив.	41	«Плохиш»	Неаккуратен. Невнимателен. Неусидчив.
20	Практичность, устойчивость в регуляции действий	Справляется с неудачами и ошибками. Неудачи активизируют его. Старается разобраться в их причинах.	42	Равнодушие к ошибкам, неудачам	Неудачи быстро сбивают с толку. Равнодушен к их причинам.
21	Оптимальность (адекватность) ре-	Взвешивает все «за» и «против».	43	Отсутствие последовательности	Поступает необдуманно. С тру-

№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции	№	Качества саморегуляции	Содержательные характеристики саморегуляции
	гуляции усилий	Умеет мобилизовать усилия.			дом мобилизуется на выполнение задания.
22	Податливость воспитательным воздействиям	Всегда считается с мнением других. Прислушивается к замечаниям.	44	Самодостаточность	Не считается с мнением окружающих. Не прислушивается к замечаниям.

Задание: На основе самодиагностики саморегуляции сформулируйте рекомендации по саморегуляции.

2. Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

Методические указания

АННОТАЦИЯ (от лат. *annotatio* - замечание, пометка) – это краткая характеристика статьи, рукописи, книги, в которой обозначены тема, проблематика и назначение издания, а также содержатся сведения об авторе и элементы оценки книги.

Перед текстом аннотации даются выходные данные (автор, название, место и время издания). Эти данные можно включить в первую часть аннотации.

Аннотация обычно состоит из двух частей. В первой части формулируется основная тема книги, статьи; во второй части перечисляются (называются) основные положения. Говоря схематично, аннотация на книгу (прежде всего научную или учебную) отвечает на вопросы о чем? из каких частей? как? для кого? Это ее основные, стандартные смысловые элементы. Каждый из них имеет свои языковые средства выражения.

Аннотация на книгу помещается на оборотной стороне ее титульного листа и служит (наряду с ее названием и оглавлением) источником информации о содержании работы. Познакомившись с аннотацией, читатель решает, насколько книга может быть ему нужна. Кроме того, умение аннотировать прочитанную литературу помогает овладению навыками реферирования.

Языковые стереотипы, с помощью которых оформляется каждая смысловая часть аннотации:

1. Характеристика содержания текста:

В статье (книге) рассматривается...; Статья посвящена...; В статье даются...; Автор останавливается на следующих вопросах...; Автор затрагивает проблемы...; Цель автора – объяснить (раскрыть)...; Автор ставит своей целью проанализировать...;

2. Композиция работы:

Книга состоит из ... глав (частей)...; Статья делится на ... части; В книге выделяются ... главы.

3. Назначение текста:

Статья предназначена (для кого; рекомендуется кому)...; Сборник рассчитан...; Предназначается широкому кругу читателей...; Для студентов, аспирантов...; Книга заинтересует...

РЕФЕРАТ (от лат. *referre* - докладывать, сообщать) – это композиционно организованное, обобщенное изложение содержания источника информации (статьи, ряда статей, монографии и др.). Реферат отвечает на вопрос: «Какая информация содержится в первоисточнике, что излагается в нем?»

Реферат состоит из трех частей: общая характеристика текста (выходные данные, формулировка темы); описание основного содержания; выводы референта. Изложение одной работы обычно содержит указание на тему и композицию реферируемой работы, перечень ее основных положений с приведением аргументации, реже - описание методики и проведение эксперимента, результатов и выводов исследования. Такой реферат называется про-

стым информационным. Студенты в российских вузах пишут рефераты обычно на определенные темы. Для написания таких тематических рефератов может быть необходимо привлечение более чем одного источника, по крайней мере двух научных работ. В этом случае реферат является не только информационным, но и обзорным.

Реферирование представляет собой интеллектуальный творческий процесс, включающий осмысление текста, аналитико-синтетическое преобразование информации и создание нового текста. Реферат не должен превращаться в «ползание» по тексту. Цель реферирования – создать «текст о тексте». Реферат – это не конспект, разбавленный «скрепами» типа *далее автор отмечает...* Обильное цитирование превращает реферат в конспект. При чтении научного труда важно понять его построение, выделить смысловые части (они будут основой для плана), обратить внимание на типичные языковые средства (словосочетания, вводные конструкции), характерные для каждой части. В реферате должны быть раскрыты проблемы и основные положения работы, приведены доказательства этих положений и указаны выводы, к которым пришел автор. Реферат может содержать оценочные элементы, например: *нельзя не согласиться, автор удачно иллюстрирует* и др. Обратите внимание, что в аннотации проблемы научного труда лишь обозначаются, а в реферате – раскрываются.

Список конструкций для реферативного изложения:

Предлагаемая вниманию читателей статья (книга, монография) представляет собой детальное (общее) изложение вопросов...; Рассматриваемая статья посвящена теме (проблеме, вопросу...);

Актуальность рассматриваемой проблемы, по словам автора, определяется тем, что...; Тема статьи (вопросы, рассматриваемые в статье) представляет большой интерес...; В начале статьи автор дает обоснование актуальности темы (проблемы, вопроса, идеи); Затем дается характеристика целей и задач исследования (статьи);

Рассматриваемая статья состоит из двух (трех) частей...; Автор дает определение (сравнительную характеристику, обзор, анализ)...; Затем автор останавливается на таких проблемах, как...; Автор подробно останавливается на истории возникновения (зарождения, появления, становления)...; Автор подробно (кратко) описывает (классифицирует, характеризует) факты...; Автор доказывает справедливость (опровергает что-либо)...; Автор приводит доказательства справедливости своей точки зрения...; В статье дается обобщение..., приводятся хорошо аргументированные доказательства...;

В заключение автор говорит о том, что...; Несомненный интерес представляют выводы автора о том, что...; Наиболее важными из выводов автора представляются следующие...; Изложенные (рассмотренные) в статье вопросы (проблемы) представляют интерес не только для..., но и для...

КОНСПЕКТИРОВАНИЕ – письменная фиксация основных положений читаемого или воспринимаемого на слух текста. При конспектировании происходит свертывание, компрессия первичного текста.

КОНСПЕКТ- это краткое, но связное и последовательное изложение значимого содержания статьи, лекции, главы книги, учебника, брошюры. Запись-конспект позволяет восстановить, развернуть с необходимой полнотой исходную информацию, поэтому при конспектировании надо отбирать новый и важный материал и выстраивать его в соответствии с логикой изложения. В конспект заносят основные (существенные) положения, а также фактический материал (цифры, цитаты, примеры). В конспекте последующая мысль должна вытекать из предыдущей (как в плане и в тезисах). Части конспекта должны быть связаны внутренней логикой, поэтому важно отразить в конспекте главную мысль каждого абзаца. Содержание абзаца (главная мысль) может быть передано словами автора статьи (возможно сокращение высказывания) или может быть изложено своими словами более обобщенно. При конспектировании пользуются и тем и другим приемом, но важно передать самые главные положения автора без малейшего искажения смысла.

Различают несколько видов конспектов в зависимости от степени свернутости первичного текста, от формы представления основной информации:

1. конспект-план;
2. конспект-схема;
3. текстуальный конспект.

Подготовка конспекта включает следующие этапы:

1. Вся информация, относящаяся к одной теме, собирается в один блок – так выделяются смысловые части.
2. В каждой смысловой части формулируется тема в опоре на ключевые слова и фразы.
3. В каждой части выделяется главная и дополнительная по отношению к теме информация.
4. Главная информация фиксируется в конспекте в разных формах: в виде тезисов (кратко сформулированных основных положений статьи, доклада), выписок (текстуальный конспект), в виде вопросов, выявляющих суть проблемы, в виде назывных предложений (конспект-план и конспект-схема).
5. Дополнительная информация приводится при необходимости.

РЕЦЕНЗИЯ - это письменный критический разбор какого-либо произведения, предполагающий, во-первых, комментирование основных положений (толкование авторской мысли; собственное дополнение к мысли, высказанной автором; выражение своего отношения к постановке проблемы и т.п.); во-вторых, обобщенную аргументированную оценку, в третьих, выводы о значимости работы.

В отличие от рецензии **ОТЗЫВ** дает самую общую характеристику работы без подробного анализа, но содержит практические рекомендации: анализируемый текст может быть принят к работе в издательстве или на соискание ученой степени.

Типовой план для написания рецензии и отзывов:

1. Предмет анализа: *В работе автора...; В рецензируемой работе...; В предмете анализа...*

2. Актуальность темы: Работа посвящена актуальной теме...; Актуальность темы обусловлена...; Актуальность темы не вызывает сомнений (вполне очевидна)...

3. Формулировка основного тезиса: Центральным вопросом работы, где автор добился наиболее существенных (заметных, ощутимых) результатов, является...; В работе обоснованно на первый план выдвигается вопрос о...

4. Краткое содержание работы.

5. Общая оценка: Оценивая работу в целом...; Таким образом, рассматриваемая работа...; Автор проявил умение разбираться в...; систематизировал материал и обобщил его...; Безусловной заслугой автора является новый методический подход (предложенная классификация, некоторые уточнения существующих понятий); Автор, безусловно, углубляет наше представление об исследуемом явлении, вскрывает новые его черты...

6. Недостатки, недочеты: Вместе с тем вызывает сомнение тезис о том...; К недостаткам (недочетам) работы следует отнести допущенные автором длинноты в изложении (недостаточную ясность при изложении)...; Работа построена нерационально, следовало бы сократить...; Существенным недостатком работы является...; Отмеченные недостатки носят чисто локальный характер и не влияют на конечные результаты работы...; Отмеченные недочеты работы не снижают ее высокого уровня, их скорее можно считать пожеланиями к дальнейшей работе автора...; Упомянутые недостатки связаны не столько с..., сколько с...

7. Выводы: Представляется, что в целом работа... имеет важное значение...; Работа может быть оценена положительно, а ее автор заслуживает...; Работа заслуживает высокой (положительной, отличной) оценки...; Работа удовлетворяет всем требованиям..., а ее автор, безусловно, имеет (определенное, законное, заслуженное, безусловное) право...

Задание

а) Выберите научную статью по своей специальности и напишите к ней аннотацию, реферат, конспект, рецензию.

3. Проанализируйте отрывок из студенческой курсовой работы, посвященной проблеме связи заголовка и текста. Соответствует ли язык сочинения нормам научного стиля? На основании анализа проведите правку текста:

Заголовок, будучи неотъемлемой частью газетных публикаций, определяет лицо всей газеты. Сталкиваясь с тем или иным периодическим изданием, читатель получает первую информацию о нем именно из заголовков. На примере газеты «Спорт – экспресс» за апрель – май 1994 г. я рассмотрю связь: заголовок – текст, ведь, как говорится в народной мудрости «встречают по одежке, а провожают – по уму». Но даже при наличии прекрасной одежды (заглавий) и величайшего ума (самих материалов) стилистическая концепция газеты будет не полной, если будет отсутствовать продуманная и логичная связь между содержанием и заголовком. Итак, стараясь выбрать наиболее продуманные заглавия,

я попытаюсь проследить за тем, по какому принципу строится связь между содержанием и заголовком самой популярной спортивной газеты России «Спорт – экспресс». А к тому же я остановлюсь и на классификации заголовков по типу их связей с газетным текстом вообще.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к *зачету* по дисциплине «*Технологии интеллектуального труда*» обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины «*Технологии интеллектуального труда*».

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ФТД. 02 СРЕДСТВА КОММУНИКАЦИИ В УЧЕБНОЙ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Специальность
21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)
Обогащение полезных ископаемых

Автор: Полянок О.В., к.пс.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры

Управления персоналом
(название кафедры)
Зав.кафедрой Ветошн
(подпись)
Ветошкина Т.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 16.10.2021
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Горно-механического факультета
(название факультета)
Председатель Осипов
(подпись)
Осипов П.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2021
(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ.....	8
ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ.....	12
ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ.....	14
ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА.....	36
ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении - это часть учебного процесса, метод обучения, прием учебно-познавательной деятельности, комплексная целевая стандартизованная учебная деятельность с запланированными видом, типом, формами контроля.

Самостоятельная работа представляет собой плановую деятельность обучающихся по поручению и под методическим руководством преподавателя.

Целью самостоятельной работы студентов является закрепление тех знаний, которые они получили на аудиторных занятиях, а также способствование развитию у студентов творческих навыков, инициативы, умению организовать свое время.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- предполагает освоение курса дисциплины;
- помогает освоению навыков учебной и научной работы;
- способствует осознанию ответственности процесса познания;
- способствует углублению и пополнению знаний студентов, освоению ими навыков и умений;
- формирует интерес к познавательным действиям, освоению методов и приемов познавательного процесса,
- создает условия для творческой и научной деятельности обучающихся;
- способствует развитию у студентов таких личных качеств, как целеустремленность, заинтересованность, исследование нового.

Самостоятельная работа обучающегося выполняет следующие функции:

- развивающую (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);
- информационно-обучающую (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);
- ориентирующую и стимулирующую (процессу обучения придается ускорение и мотивация);
- воспитательную (формируются и развиваются профессиональные качества бакалавра и гражданина);
- исследовательскую (новый уровень профессионально-творческого мышления).

Организация самостоятельной работы студентов должна опираться на определенные требования, а, именно:

- сложность осваиваемых знаний должна соответствовать уровню развития студентов;
- стандартизация заданий в соответствии с логической системой курса дисциплины;
- объем задания должен соответствовать уровню студента;
- задания должны быть адаптированными к уровню студентов.

Содержание самостоятельной работы студентов представляет собой, с одной стороны, совокупность теоретических и практических учебных заданий, которые должен выполнить студент в процессе обучения, объект его деятельности; с другой стороны - это способ деятельности студента по выполнению соответствующего теоретического или практического учебного задания.

Свое внешнее выражение содержание самостоятельной работы студентов находит во всех организационных формах аудиторной и внеаудиторной деятельности, в ходе самостоятельного выполнения различных заданий.

Функциональное предназначение самостоятельной работы студентов в процессе лекций, практических занятий по овладению специальными знаниями заключается в самостоятельном прочтении, просмотре, прослушивании, наблюдении, конспектировании, осмыслении, запоминании и воспроизведении определенной информации. Цель и планирование самостоятельной работы студента определяет преподаватель. Вся информация осуществляется на основе ее воспроизведения.

Так как самостоятельная работа тесно связана с учебным процессом, ее необходимо рассматривать в двух аспектах:

1. аудиторная самостоятельная работа – практические занятия;
2. внеаудиторная самостоятельная работа – подготовка к практическим занятиям (в т.ч. подготовка к практико-ориентированным заданиям и др.).

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является важнейшей составной частью процесса обучения.

Методические указания по организации самостоятельной работы и задания для обучающихся по дисциплине *«Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности»* обращают внимание студента на главное, существенное в изучаемой дисциплине, помогают выработать умение анализировать явления и факты, связывать теоретические положения с практикой, а также облегчают подготовку к сдаче *зачета*.

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом поданному профилю.

Видами самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *«Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности»* являются:

- самостоятельное изучение тем курса (в т.ч. рассмотрение основных категорий дисциплины, работа с литературой);

- подготовка к практическим (семинарским) занятиям (в т.ч. подготовка к выполнению практико-ориентированных заданий, подготовка реферата);
- подготовка к зачету.

В методических указаниях представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

ОСНОВНЫЕ КАТЕГОРИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Сущность коммуникации в разных социальных сферах. Основные функции и виды коммуникации

Коммуникации
Межличностное общение
Речевые способности
Профессиональное общение

Тема 2. Специфика вербальной и невербальной коммуникации

Вербальная коммуникация
Невербальная коммуникация

Тема 3. Эффективное общение

Эффективное общение
Обратная связь
Стиль слушания

Тема 4. Основные коммуникативные барьеры и пути их преодоления в межличностном общении. Стили поведения в конфликтной ситуации

Конфликт
Барьер речи

Тема 5. Виды и формы взаимодействия студентов в условиях образовательной организации

Группа
Коллектив
Групповое давление
Феномен группомыслия
Феномен подчинения авторитету
Обособление
Диктат
Подчинение
Вызов
Выгода
Соперничество
Сотрудничество
Взаимодействие
Взаимопонимание

Тема 6. Формы, методы, технологии самопрезентации

Самопрезентация
Публичное выступление

САМООРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ С ЛИТЕРАТУРОЙ

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебными и научными изданиями профессиональной и общекультурной тематики – это важнейшее условие формирования научного способа познания.

Основные приемы работы с литературой можно свести к следующим:

- составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;
- перечень должен быть систематизированным;
- обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и выпускных квалификационных работ это позволит экономить время);
- определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;
- при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;
- все прочитанные монографии, учебники и научные статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);
- если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;
- следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать). Таким образом, чтение текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того, насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьезный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студентам с этой целью рекомендуется заводить специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);
- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить, как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);
- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);
- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц; цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе –

поиск тех суждений, фактов, по которым, или, в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной и научной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках образовательной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть

логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование –наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

ПОДГОТОВКА К ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫМ ЗАДАНИЯМ

Практико-ориентированные задания выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций. Это могут быть ситуации, требующие применения умений и навыков, специфичных для соответствующего профиля обучения (знания содержания предмета), ситуации, требующие организации деятельности, выбора её оптимальной структуры личностно-ориентированных ситуаций (нахождение нестандартного способа решения).

Кроме этого, они выступают средством формирования у студентов умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач. Они строятся на основе ситуаций, возникающих на различных уровнях осуществления практики и формулируются в виде производственных поручений (заданий).

Под практико-ориентированными заданиями понимают задачи из окружающей действительности, связанные с формированием практических навыков, необходимых в повседневной жизни, в том числе с использованием элементов производственных процессов.

Цель практико-ориентированных заданий – приобретение умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачи практико-ориентированных заданий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- обучение приемам решения практических задач;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Важными отличительными особенностями практико-ориентированных задания от стандартных задач (предметных, межпредметных, прикладных) являются:

- значимость (познавательная, профессиональная, общекультурная, социальная) получаемого результата, что обеспечивает познавательную мотивацию обучающегося;
- условие задания сформулировано как сюжет, ситуация или проблема, для разрешения которой необходимо использовать знания из разных разделов основного предмета, из другого предмета или из жизни, на которые нет явного указания в тексте задания;

- информация и данные в задании могут быть представлены в различной форме (рисунок, таблица, схема, диаграмма, график и т.д.), что потребует распознавания объектов;

- указание (явное или неявное) области применения результата, полученного при решении задания.

Кроме выделенных четырех характеристик, практико-ориентированные задания имеют следующие:

1. по структуре эти задания – нестандартные, т.е. в структуре задания не все его компоненты полностью определены;

2. наличие избыточных, недостающих или противоречивых данных в условии задания, что приводит к объемной формулировке условия;

3. наличие нескольких способов решения (различная степень рациональности), причем данные способы могут быть неизвестны учащимся, и их потребуется сконструировать.

При выполнении практико-ориентированных заданий следует руководствоваться следующими общими рекомендациями:

- для выполнения практико-ориентированного задания необходимо внимательно прочитать задание, повторить лекционный материал по соответствующей теме, изучить рекомендуемую литературу, в т.ч. дополнительную;

- выполнение практико-ориентированного задания включает постановку задачи, выбор способа решения задания, разработку алгоритма практических действий, программы, рекомендаций, сценария и т. п.;

- если практико-ориентированное задание выдается по вариантам, то получить номер варианта исходных данных у преподавателя; если нет вариантов, то нужно подобрать исходные данные самостоятельно, используя различные источники информации;

- для выполнения практико-ориентированного задания может использоваться метод малых групп. Работа в малых группах предполагает решение определенных образовательных задач в рамках небольших групп с последующим обсуждением полученных результатов. Этот метод развивает навыки сотрудничества, достижения компромиссного решения, аналитические способности.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Организуйте коллективную сетевую деятельность.

Методические указания:

Под организацией **коллективной сетевой деятельности** понимают совместные действия нескольких пользователей в сети электронных коммуникаций, направленные на получение информации. Участники совместной сетевой деятельности могут быть объединены общими целями, интересами, что позволяет им обмениваться мнениями, суждениями, а также совершать действия с различными объектами, такими как фотографии, программы, записи, статьи, представленными в цифровом виде.

Подобное взаимодействие может заключаться в различных его видах, таких как:

- - общение;
- - обмен данными;
- - организация трудовой деятельности;
- - совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями.

Рассмотрим каждый из них. Одним из примеров организации **общения** в сети Интернет могут служить популярные на сегодняшний день сообщества **Livejournal** (www.livejournal.ru), **Facebook** (www.facebook.com), **Twitter** (<http://twitter.com>) и др.

По своей сути это социальные сети, которые работают в режиме реального времени, позволяя участникам взаимодействовать друг с другом. Так, социальная сеть Livejournal (Живой журнал) предоставляет возможность публиковать свои и комментировать чужие записи, вести коллективные блоги («сообщества»), получать оперативную информацию, хранить фотографии и видеоролики, добавлять в друзья других пользователей и следить за их записями в «ленте друзей» и др.

Facebook позволяет создать профиль с фотографией и информацией о себе, приглашать друзей, обмениваться с ними сообщениями, изменять свой статус, оставлять сообщения на своей и чужой «стенах», загружать фотографии и видеозаписи, создавать группы (сообщества по интересам).

Система Twitter позволяет пользователям отправлять короткие текстовые заметки, используя web-интерфейс, sms-сообщения, средства мгновенного обмена сообщениями (например, Windows Live Messenger), сторонние программы-клиенты. Отличительной особенностью Твиттера является публичная доступность размещенных сообщений, что роднит его с **блогами** (онлайн-дневник, содержимое которого, представляет собой регулярно обновляемые записи — **посты**).

Другим способом общения, безусловно, является **электронная почта**. Принципы создания ящика электронной почты подробно рассматривались в практикуме параграфа 2.12. При всех своих плюсах электронная почта не позволяет организовать двусторонний оперативный диалог, максимально приближенный к обычному разговору. Отправив письмо, человек уверен, что оно оперативно будет доставлено в ящик адресата, но будет ли получен быстрый ответ? Кроме того, переписка может растянуться, что сводит к минимуму решение возможных актуальных проблем человека в настоящий момент времени.

Именно поэтому возникла необходимость в самостоятельном классе программ, которые выполняли бы две основные задачи:

1. Показать, находится ли собеседник в данный момент в сети Интернет, готов ли он общаться.
2. Отправить собеседнику короткое сообщение и тут же получить от него ответ.

Такие программы получили название IMS (англ. Instant Messengers Service — служба мгновенных сообщений). Часто такие программы называют **интернет-пейджерами**. В качестве примера подобных программ можно привести Windows Live Messenger, Yahoo!Messenger, ICQ.

Так, программа Windows Live Messenger является одним из компонентов Windows Live — набора сетевых служб от компании Microsoft. Ранее мы познакомились с такими его модулями, как Семейная безопасность и Киностудия. Доступ к Messenger можно получить по адресу <http://download.ru.msn.com/wl/messenger>, либо через кнопку **Пуск** на своем персональном компьютере (предварительно установив основные компоненты службы Windows Live).

В настоящее время произошла интеграция Messenger и программы Skype, функции которой будут рассмотрены позже.

Чтобы начать «разговор», достаточно выполнить двойной щелчок мыши на имени собеседника и ввести сообщение в соответствующее окно. Если друга нет на месте, можно оставить ему сообщение, и он увидит его, когда снова войдет в программу.

Коммуникацию в реальном масштабе времени возможно осуществить с помощью **чатов** (англ. Chatter — болтать). Если ваш компьютер оснащен видеокамерой, вы сможете начать видеочат. Одной из наиболее интересных особенностей видео-чата в Messenger является то, что он позволяет делать через Интернет все, что ранее можно было делать только при личном общении. Например, можно легко обмениваться фотографиями и видеть, как собеседник реагирует на них.

Теперь рассмотрим, каким образом можно организовать коллективную сетевую деятельность, связанную с **обменом данными**. Сразу отметим, что для передачи или открытия доступа к файлам в локальной сети используются стандартные возможности операционной системы компьютера. Для этого достаточно в настройках определенной директории открыть общий доступ на чтение или запись другими пользователями сети.

В настоящее время популярнейшим способом обмена данными является размещение файлов на различных видеохостингах и в социальных сетях. **Хостинг** — это услуга по предоставлению вычислительных мощностей для размещения информации на сервере, постоянно находящемся в сети Интернет. Для размещения видеофайлов, как правило, используются такие крупные видеохостинги, как YouTube (www.youtube.com), Rutube (<http://mtube.ru>). Социальные сети, например Одноклассники (www.odnoklassniki.ru), ВКонтакте (<http://vk.com>) и др., также можно использовать для размещения видеоматериалов.

Хранение, обмен файлов возможно организовать и с помощью облачных сервисов, таких как Яндекс.Диск, SkyDrive, iCloud и т.д. Перечислим ряд достоинств подобного способа организации работы:

- не требуется денежных вложений - сервисы бесплатны;
- возможность резервного хранения данных;
- доступность информации из любой точки мира с разных устройств, подключенных к Интернету;
- пользователь самостоятельно определяет доступность к файлам другим людям;
- большой размер облачного хранилища (7-10 Гб);
- информация не привязана к одному компьютеру;
- доступ к файлам, хранящимся на устройствах с разными аппаратными платформами (Windows, Android, iOS).

В качестве примера рассмотрим работу с программой Яндекс.Диск, которую предварительно следует установить на свой компьютер с адреса <http://disk.yandex.ru/download>. После инсталляции программы на вашем устройстве создается папка Яндекс.Диск, в которой будет находиться ряд папок, таких как Документы, Музыка, Корзина. Теперь, после того как мы добавим, изменим или удалим файл в папке Яндекс.Диск на своем компьютере, то же самое автоматически произойдет на серверах Яндекс, т. е. происходит процесс синхронизации.

Поделиться файлом с друзьями через web-интерфейс можно, выполнив следующие действия:

1. Зайти в свой почтовый ящик на сервисе Яндекс.

2. Выполнив команду **Файлы/Документы**, выделить нужный файл из списка.

3. Установить переключатель на панели предпросмотра в положение **Публичный** и нажать на одну из кнопок, расположенных ниже, что гарантирует публикацию ссылки на файл в одной из социальных сетей (ВКонтакте, Facebook и т.д.) либо отправку по электронной почте (рис. 1).



Рис. 1. Ссылка на файл

Другой возможностью публикации ссылки на файл - получение ее через ОС Windows. В этом случае порядок действий следующий:

- 1. Открыть папку Яндекс.Диск.
- 2. Выполнить щелчок правой кнопкой мыши на нужном файле.
- 3. В контекстном меню выбрать пункт **Яндекс.Диск: Скопировать публичную ссылку**.

Теперь в буфере обмена находится ссылка на файл, например, <http://yadi.Sk/d/91nV8FjiOYnX>, с которой вы можете поделиться со своими друзьями.

Перейдем к описанию организации **трудовой деятельности** как способа совместного сетевого взаимодействия. Она может выглядеть самой разной, от простого общения в видеоконференциях, заканчивая использованием серьезных корпоративных решений для управления рабочим процессом в компании. Примерами таких решений являются:

1. 1С-Битрикс: Корпоративный Портал (<http://www.1c-bitrix.ru/products/intranet/>) — система управления внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами.
2. Мегатлан (www.megaplan.ru) — онлайн-сервис для управления бизнесом.
3. TeamLab (www.teamlab.com/ru) — многофункциональный онлайн-сервис для совместной работы, управления документами и проектами.
4. BaseCamp (<http://basecamp.com>) — онлайн-инструмент для управления проектами, совместной работы и постановки задач по проектам.

Рассмотрим эти решения на примере облачного сервиса **Мегатлан**, который относится к модели **SaaS** (англ. Software as a service — программное обеспечение как услуга). В рамках модели SaaS заказчики платят не за владение программным обеспечением как таковым, а за его аренду (т. е. за его использование через web-интерфейс). Таким образом, в отличие от классической схемы лицензирования программного обеспечения заказчик несет сравнительно небольшие периодические затраты (от 150 до 400 руб./мес.), и ему не требуется инвестировать значительные средства в приобретение ПО и аппаратной платформы для его развертывания, а затем поддерживать его работоспособность.

Используя на предприятии Мегатлан, можно получить множество современных эффективных средств управления персоналом компании, в частности:

- выстроить иерархическую структуру предприятия, прояснить уровни подчинения, сделать связи сотрудников внутри предприятия логичными и понятными каждому;
- система управления персоналом на предприятии позволит каждому руководителю контролировать деятельность своих подчиненных в режиме реального времени. Кроме того,

можно получать актуальную информацию, даже не находясь в офисе — для этого достаточно иметь доступ в Интернет;

- получить возможность обмениваться документами, выкладывать в общий доступ бизнес-планы, презентации, проекты и распоряжения, ускоряя обмен информацией внутри предприятия;

- системы обмена сообщениями и корпоративный форум делают общение, как деловое, так и личное, более живым и эффективным. Кроме того, выходящая по ходу исполнения задачи, зафиксированные в Мегатлане, позволяют анализировать ход работы над проектом.

Зарегистрировавшись на вышеуказанном сайте, вы получите бесплатный доступ для знакомства с сервисом Мегатлан. Из трех решений предлагаемых компанией, а именно Совместная работа, Учет клиентов и Бизнес-менеджер, выберите первое — **Совместная работа**. Такой выбор дает возможность эффективно управлять проектами, задачами и людьми. Выбрав модуль **Сотрудники**, добавьте несколько сотрудников, заполнив их личные карточки. Много информации в карточки заносить необязательно, их всегда можно отредактировать, при этом не забывая нажимать на кнопку **Сохранить**. Заполненный модуль **Сотрудники** представлен на рис. 2.



Рис. 2. Модуль Сотрудники

Заполнив базу сотрудников, отметив все необходимые сведения в картотеке, вы получаете автоматизированную систему управления персоналом компании, которая более оперативно, чем любой менеджер по кадрам, будет оповещать вас обо всех изменениях, напоминать о днях рождения, давать доступ к картотеке и персональным сообщениям.

Теперь создайте отделы своей виртуальной организации. Для этого, находясь в модуле **Сотрудники**, выберите блок **Структура**, а в нем ссылку **Добавить отдел**. Чтобы добавить сотрудника в отдел, его надо перетащить мышью из списка **Нераспределенные**. После этого следует установить связь «Начальник-Подчиненный», используя ссылки **Начальники**, **Подчиненные**. Подобная ситуация представлена на рис. 3.

Красные стрелки на схеме обозначают вашу подчиненность, а зеленые — сотрудники подчиняются вам.

Для того чтобы организовать взаимодействие в команде, выберите модуль **Задачи** и поставьте перед каждым сотрудником задачу, указав сроки ее выполнения. Сотрудник может принять или отклонить задачу, делегировать ее своему подчиненному, комментировать задачу, оперировать списком своих задач (распечатывать, сортировать по признакам). Он может даже провалить задачу — и это немедленно станет известно всем, кто с ней связан.

Используя модуль **Документы**, попробуйте создать несколько текстовых документов (их объем не может превышать 300 Мб). Также имеется возможность импортировать имеющиеся документы, которые Мегатлан будет сортировать по типам: текстовые

документы, презентации, PDF-файлы, таблицы, изображения и др. Таким образом, можно хранить общие для всей компании договоры, банки, анкеты и другие важные файлы.



Рис. 3 Организационная структура предприятия

Модуль **Обсуждение** представляет собой корпоративный форум, в рамках которого можно рассматривать любые вопросы. Обсуждение тем может происходить в нескольких уже созданных разделах, а именно Новости, Отдых, Работа. Подобная ситуация представлена на рис. 4.

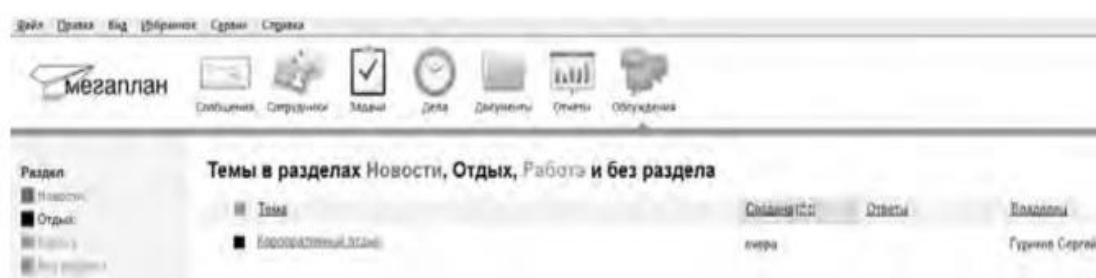


Рис. 4.Создание темы в модуле Обсуждение

Создайте несколько тем, воспользовавшись кнопкой **Добавить**. Обратите внимание на то, что вы можете ограничить просмотр обсуждаемых тем отдельным сотрудникам и группам. Корпоративный форум делает общение внутри компании более открытым. Возможность общения онлайн между сотрудниками, встреча которых могла бы и не произойти в реальной жизни, развивает неформальные отношения, вследствие которых совместная работа над проектами становится более комфортной. Работа над проектом, созданным в виртуальной среде, существенно упрощается за счет системы обмена сообщениями (модуль **Сообщения**), совместной работы, обработки файлов, находящихся в общем доступе.

Итак, освоение базовых функциональных операций в процессе работы с Мегапланом происходит очень быстро. С учетом того, что бесплатная версия продукта позволяет зарегистрировать трех пользователей, можно организовать сетевое взаимодействие, создав учебное предприятие и тем самым, усовершенствовать навыки взаимодействия исполнителей и руководителей в рабочем процессе.

Совместное времяпрепровождение за сетевыми развлечениями — последний вид сетевого взаимодействия, рассматриваемого нами. Сетевыми развлечениями в основном являются компьютерные игры. Вид взаимодействия в играх может быть различным: игроки могут соперничать друг с другом, могут быть в команде, а в некоторых играх возможны оба

вида взаимодействия. Соперничество может выражаться как напрямую, например игра в шахматы, так и в таблице рейтингов в какой-нибудь браузерной игре.

Существует особый жанр игр MMORPG (англ. Massive Multiplayer Online Role-playing Game, массовая многопользовательская онлайн ролевая игра) — разновидность онлайн ролевых игр, позволяющая тысячам людей одновременно играть в изменяющемся виртуальном мире через Интернет. Сообщество любителей игр в жанре MMORPG зарегистрировано в сети Интернет по адресу www.mmorpg.su.

Подобные игры, как правило, построены на технологии «клиент-сервер», но есть разновидности, где в качестве клиента выступает обычный браузер. Игрок в такой игре представляется своим **аватаром** — виртуальным представлением его игрового персонажа. Создатели игры поддерживают существование игрового мира, в котором происходит действие игры и который населен ее персонажами.

Когда геймеры попадают в игровой мир, они могут в нем выполнять различные действия вместе с другими игроками со всего мира. Разработчики MMORPG поддерживают и постоянно развивают свои миры, добавляя новые возможности и доступные действия для того, чтобы «гарантировать» интерес игроков. Яркими представителями подобного рода игр на сегодняшний день являются EverQuest, World of Warcraft, Anarchy Online, Asheron's Call, Everquest II, Guild Wars, Ragnarok Online, Silkroad Online, The Matrix Online, City of Heroes.

Задания:

а)Создайте свой аккаунт (если вы его не имеете) в одной из социальных сетей, например Livejournal или Facebook. Выполните скриншоты своего блога. Результат отправьте на электронную почту преподавателя.

б)Используя программу Windows Live Messenger, добавьте в друзья (по предварительной договоренности) своего преподавателя и свяжитесь с ним в режиме реального времени либо оставьте ему сообщение.

в)Установите на свой компьютер программу Яндекс.Диск. Предоставьте доступ к нескольким файлам своему преподавателю.

г)Создайте учебное предприятие, используя облачный сервис Мегатлан. Заполните информацией все имеющиеся в программе модули. Установите связи между отделами. Пригласите нескольких своих друзей в проект. Продемонстрируйте результат преподавателю, открыв ему доступ.

д)Напишите краткий отчет о результатах своей работы по созданию виртуального предприятия, указав в нем этапы его создания, результаты совместной сетевой деятельности.

е)Являетесь ли вы участником какой-либо игры в жанре MMORPG? Если да, расскажите об основных правилах той игры, в которой вы участвуете. Каким образом происходит ваше взаимодействие в ней с друзьями?

3. Организация форумов

Методические указания

В настоящее время перед каждым образовательным учреждением стоит задача формирования открытой информационной образовательной среды. Эффективным механизмом является использование коммуникационных возможностей сети Интернет. В частности, организация на сайтах или в информационных системах образовательных учреждений форумов (дискуссий).

Форум — это web-страница, созданная на основе клиент-серверной технологии для организации общения пользователей сети Интернет. Концепция форума основана на создании разделов, внутри которых происходит обсуждение различных тем в форме сообщений. От чата форум отличается тем, что общение может происходить не в реальном времени. Таким образом, человек имеет возможность подумать над своим ответом или над создаваемой темой.

По методу формирования набора тем форумы бывают:

- **тематические.** В рамках таких форумов пользователи обсуждают предварительно опубликованную статью, новость СМИ и т.д. Обсуждение происходит в одной или нескольких темах;

- **проблемные.** Для обсуждения предлагается ряд проблемных вопросов (тем). Обсуждение каждой проблемы происходит в своей ветке. Чаще всего в подобных типах форумов пользователь не имеет права создавать новую тему;

- **постоянно действующие форумы.** Форумы поддержки (помощи). По такому принципу строятся форумы технической поддержки, различные консультации и пр. Чаще всего это форумы с динамическим списком тем, где простые участники могут создавать новую тему в рамках тематики форума.

Форумы функционируют согласно определенным правилам, которые определяют администраторы и модераторы. **Администратор форума** следит за порядком во всех разделах, контролирует общение на ресурсе и соблюдение правил сайта. **Модератор форума** чаще всего следит за порядком в конкретном разделе, имеет более узкие права, чем администратор. Его основная задача — увеличивать популярность форума, количество участников и число интересных обсуждений. Дополнительные задачи:

- стимулировать появление новых интересных тем;
- стимулировать общение на форуме;
- не допускать конфликтных ситуаций на форуме, а в случае их возникновения — уметь найти выход из сложной ситуации;
- при появлении в темах **спам** (рассылка коммерческой и иной рекламы или иных видов сообщений (информации) лицам, не выразившим желания их получать) немедленно сообщать об этом администратору сайта;
- следить за культурой сетевого общения.

Для каждого конкретного форума администратором могут быть созданы свои правила, но в целом их можно свести к следующим:

1. На форумах приветствуется поддержание дискуссии, обмен опытом, предоставление интересной информации, полезных ссылок.

2. Не нужно вести разговор на «вольные» темы и размещать бессодержательные (малосодержательные) или повторяющиеся сообщения. Под бессодержательными (малосодержательными) понимаются, в частности, сообщения, содержащие исключительно или преимущественно эмоции (одобрение, возмущение и т. д.).

3. Желательно проверять грамотность сообщений (например, редактором Microsoft Word) — ошибки затрудняют понимание вопроса или ответа и могут раздражать участников обсуждения.

4. Длинные сообщения желательно разбивать на абзацы пустыми строчками, чтобы их было удобно читать.

5. Запрещается размещать заведомо ложную информацию.

6. Не рекомендуется публиковать сообщения, не соответствующие обсуждаемой теме, в том числе личные разговоры в ветках форума.

7. Не следует писать сообщения сплошными заглавными буквами, так как это эквивалентно повышению тона, а также латинскими буквами. При этом сообщение считается нарушающим данное правило, если такого рода текстом набрано более трети всего сообщения.

8. Участники форума не должны нарушать общепринятые нормы и правила поведения. Исключено употребление грубых слов и ненормативной лексики, выражение расистских, непристойных, оскорбительных или угрожающих высказываний, нарушений законодательства в области авторского права или сохранности конфиденциальной информации.

9. Запрещено публично обсуждать нелегальное использование (в том числе взлом) программного обеспечения, систем безопасности, а также публикацию паролей, серийных номеров и адреса (ссылки), по которым можно найти что-либо из вышеназванного.

10. Не следует размещать в форумах, а также рассылать через личные сообщения коммерческую рекламу и спам.

Для создания форумов используется ряд программных решений, написанных на языке PHP (англ. Hypertext Preprocessor — предпроцессор гипертекста) и используемых для ведения своей базы данных сервер MySQL. К их числу относится **Invision Power Board** (www.invisionpower.com), **vBulletin** (www.vbulletin.com), **PHP Bulletin Board** (www.phpbb.com), **Simple Machines Forum** (www.simplemachines.org) и ряд других. Однако создать «движок форума» с помощью перечисленного программного обеспечения начинающему пользователю будет весьма непросто, поскольку и сами программы, и документация к ним написаны на английском языке.

Попробовать свои силы для создания тематического форума можно с использованием российских web-сервисов, предлагающих свои услуги в этом направлении. Остановим свой выбор на сервисе Forum2x2 (www.forum2x2.ru), который предлагает создание и хостинг форумов. Forum2x2 позволяет создать форум бесплатно, всего за несколько секунд и без всяких технических знаний, а после — мгновенно начать общение. Интерфейс форума является наглядным, простым в использовании и легко настраивается.

Определим следующую задачу — создать форум своего учебного заведения. Находясь на сайте сервиса Forum2x2, выберем кнопку **Создать бесплатный форум**. Пользователю будет предложено выбрать одну из четырех версий создания форумов: Phpbb3, Phpbb2, IPB и Punbb. Их краткая характеристика будет представлена в соответствующих вкладках. Воспользуемся самым простым из них - **Punbb**, который предоставляет только базовые опции web-форума, а следовательно, является оптимальным по скорости и простоте использования. Далее нам предстоит выполнить три простых шага:

1. Выбрать графический стиль форума.
2. Ввести название форума, его интернет-адрес, свой адрес электронной почты, пароль.
3. Прочитать информацию о недопустимом содержании создаваемого форума.

На этом создание форума можно считать завершенным. На рис. 5 представлен один из возможных примеров созданного форума.



Рис. 5 Внешний вид созданного форума

В своем электронном почтовом ящике вы обнаружите письмо от администрации сервиса Forum2x2, в котором будут даны несколько полезных советов для успешного начала работы форума, в частности:

- - поместить в форум несколько сообщений, чтобы задать тон обсуждения;
- - внести личный аспект в стиль оформления форума, подобрав цвета и шрифты;

- - сообщить по электронной почте друзьям о новом форуме и пригласить их поучаствовать в форуме;
- - поместить ссылки на форум на других сайтах, форумах и в поисковых системах.

Для администрирования вновь созданного форума необходимо ввести имя пользователя (Admin) и пароль, который вы выбрали при создании форума. После этого вы получаете доступ к ссылке **Панель администратора**, расположенной внизу страницы, которая имеет несколько вкладок (рис. 6).



Рис. 6. Вкладки Панели администратора

Вкладка **Главная** отображает информацию по статистике созданных сообщений, количеству пользователей и тем. Здесь же можно воспользоваться практическими советами по повышению посещаемости созданного форума. Попробуйте пригласить на созданный форум своих друзей, знакомых, с помощью ссылки **Адреса Email**, вводя в соответствующее поле их электронные адреса. Максимальное число приглашений, отправляемых за один раз, — десять.

Вкладка **Общие настройки** позволяет сконфигурировать форум в соответствии с личными целями администратора. В частности, можно изменить название сайта, его описание, определить конфигурацию защиты форума, определить E-mail администратора.

С помощью раздела **Категории и форумы** создайте свои форумы, определите порядок их вывода с помощью соответствующих кнопок (**Сдвинуть вверх**, **Сдвинуть вниз**). **Категория** представляет собой совокупность форумов, объединенных общей тематикой. Один из возможных примеров создания форумов приведен на рис. 7.

Сделанные изменения доступны для просмотра после нажатия на кнопку **Просмотр форума**. Находясь на вкладке **Общие настройки**, перейдите в раздел **Раскрутка форума** и выберите пункт **Поисковые системы**. Введите информацию для ваших мета-тегов, чтобы улучшить позицию вашего форума в поисковых системах. **Мета-теги** — это невидимые коды, используемые поисковиками для индексации и позиционирования вашего форума. Зарегистрируйте ваш форум в основных поисковых системах: Yandex, Google, Rambler.



Рис. 7. Структура форумов

Используя вкладку **Оформление**, поэкспериментируйте с различными стилями для того, чтобы повысить привлекательность форума. Здесь же можно поменять версию «движка» форума.

Будучи администратором вашего форума, вы являетесь его единственным полноправным хозяином и полностью контролируете его. С помощью вкладки **Пользователи & Группы** создайте группу модераторов, ответственных за соблюдение установленных вами правил (правил орфографии, правил поведения на форуме и т.д.).

Перейдите на вкладку **Модули**. Здесь вы можете добавить к вашему форуму такие модули, как портал, календарь, галерея, чат или листы персонажей. Выберите ссылку **Портал**. Появится информация о том, что портал не установлен. Нажмите ссылку — установить. Внешний вид созданного портала представлен на рис. 8.



Рис. 8. Созданный портал

На вкладке **Модули** попробуйте поработать с виджетами (гаджетами) форума, из которых и состоит портал. **Виджет** — это элемент интерфейса, предназначенный для облегчения доступа к информации.

Добавьте/удалите стандартные виджеты форума (Поиск, Календарь, Новости, Последние темы, Самые активные пользователи и др.), отслеживая изменения нажатием кнопки **Просмотр портала**. Оставьте наиболее удачный, с вашей точки зрения, вариант.

Итак, мы приобрели первоначальные практические навыки создания собственного форума и выполнили действия, направленные на увеличение его посещаемости. Кроме того, необходимо создать ссылку на форум с главной страницы сайта учебного заведения. Следует отметить, что, для того чтобы созданный форум не оставался в статичном виде, необходима большая работа администратора, модераторов по его поддержанию.

Альтернативным способом организации форумов является их развертывание в информационной системе учебного заведения. На современном отечественном рынке автоматизированных информационных систем управления учебным процессом представлено достаточно большое количество решений. Свой выбор остановим на ИС ModEUS (<http://modeus.krf.ane.ru/index.php>), которая разработана с учетом специфики российского образования и обеспечивает автоматизацию учебного процесса, в том числе и дистантного (учет учебного процесса, его планирование и публикация, подготовка отчетной документации).

После регистрации в системе ModEUS, нужно выбрать ссылку **Дискуссии**. Вы можете организовать дискуссию (форум) по любому из находящихся в системе курсов, щелкнув мышью по его названию.

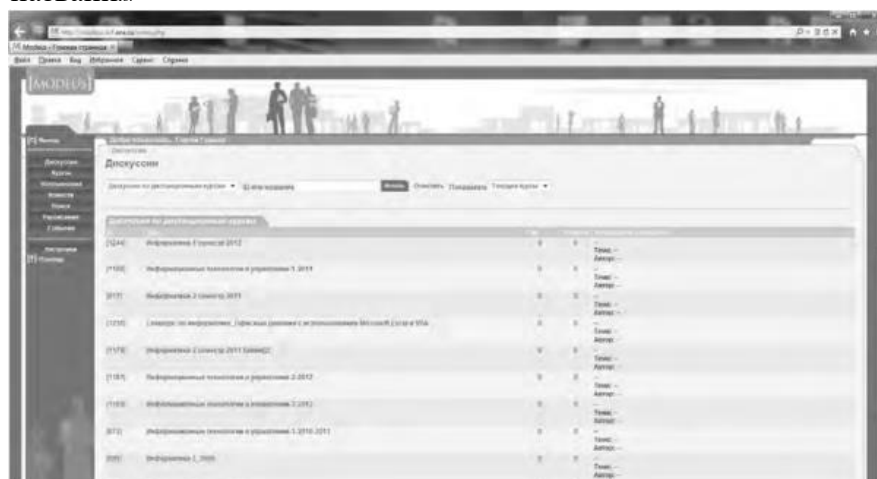


Рис. 9. Страница Дискуссии в ИС ModEUS

Создадим новую тему, нажав одноименную кнопку. Впишем в соответствующие поля название темы и вопрос, предлагаемый для обсуждения. Подобная ситуация представлена на рис. 437. Кроме того, мы имеем возможность прикрепить текстовый файл объемом не более 16 Мб, например список вопросов к экзамену.

После нажатия на кнопку **Создать** тема дискуссии отображается в системе (рис. 10), и любой из студентов может принять участие в ее обсуждении.

Таким образом, можно определить преимущества создания форума в информационной системе учебного заведения:

- - отсутствует необходимость иметь практические навыки работы по созданию web-страниц;
- - нет необходимости заботиться о раскрутке форума - студенты и преподаватели постоянно работают в системе.

В то же время есть и ряд недостатков, в частности:

- - форум доступен исключительно для студентов и преподавателей учебного заведения, в котором функционирует информационная система;
- - стандартизированный типовой интерфейс для всех выполняемых функций;
- - нет возможности организовать дискуссию на вольную тему.



Рис. 10 Создание новой темы



Рис. 11. Создана тема для дискуссии

Использование тестирующих систем в локальной сети образовательного учреждения

Теперь познакомимся с возможностями ИС ModEUS для **организации тестирования студентов в локальной сети образовательного учреждения**. Использование тестирования как наиболее объективного метода оценки качества образования широко используется в учебных заведениях России. Полнота охвата проверкой требований к уровню подготовки студентов предполагает методику конструирования тестовых заданий закрытого и открытого типа. К тестовым заданиям **закрытого типа** относятся задания, предполагающие выбор верного ответа из предложенных вопросов. Тестовые задания **открытого типа** требуют конструирования ответов с кратким и развернутым ответом. И тот, и другой тип заданий успешно реализуются в ИС ModEUS.

Прежде чем создать тестовое задание, необходимо зайти в один из учебных курсов, находящихся в репозитории (хранилище данных), нажав кнопку **Курсы** в главном меню. Под «курсом» в ИС ModEUS понимается дисциплина, находящаяся в учебном плане.

Найдем в списке **Занятия курса** требуемое занятие и нажмем ссылку **Список заданий**, находящуюся справа от поля **Тип**. Для того чтобы добавить задание в занятие, нажмем кнопку **Добавить**. Подобная ситуация представлена на рис. 11.

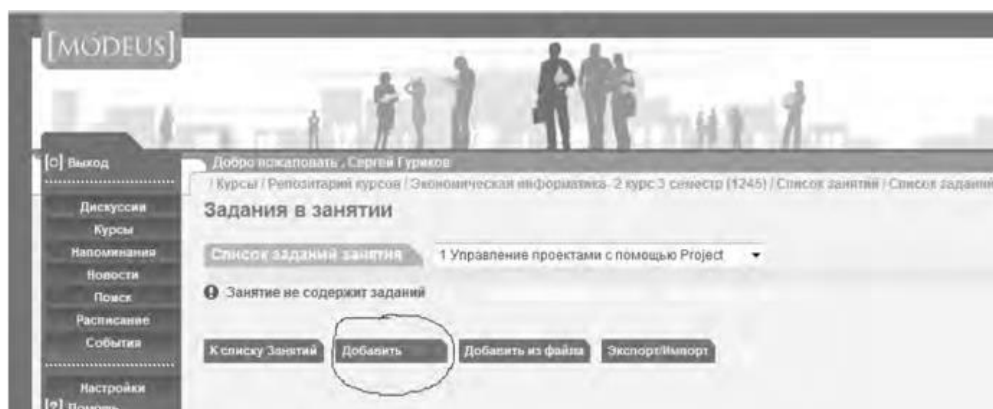


Рис.12. Добавление задания

Тип задания можно выбрать из раскрывающегося списка (рис. 12), кроме того, можно дать название новому заданию, установить балл и выбрать количество попыток сдачи.



Рис.13. Выбор типа задания

Рассмотрим несколько примеров формирования вопросов закрытого и открытого типа в ИС ModeUS.

Тестовое задание со множественным выбором верных ответов (закрытый тип). Данный тип задания дает вам возможность задать вопрос и варианты ответов на него, из которых обучающийся должен выбрать верный (рис. 14). Правильным может быть один или несколько вариантов. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - в опции **Перемешивать варианты ответов** поставьте метку в поле **Перемешивать**, если вы хотите, чтобы указанные вами варианты ответов выводились на экран в различном порядке, поставьте метку в поле **Не перемешивать**, если варианты ответов должны выводиться всегда в одинаковом порядке;
- - в опции **Тип множественного выбора** поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом одного ответа**, если обучающийся из предложенных вариантов ответов может выбрать только один верный, поставьте метку в поле **Возможность выбора студентом нескольких ответов**, если обучающийся может выбрать несколько верных ответов;
- - введите текст задания в поле **Текст задания**;
- - в случае если в задании присутствует приложение, укажите путь к этому приложению, нажав на кнопку **Обзор...** и указав путь к файлу на жестком или сетевом диске. Приложением может быть документ любого формата, например изображение;
- - введите тексты вариантов ответов в соответствующие поля;
- - для добавления нового поля под вариант ответа нажмите на кнопку

Добавить ответ :

- каждый вариант ответа может быть дополнен приложением. Для добавления к варианту ответа приложения укажите путь к нему в поле **Добавить приложение**, нажав на

кнопку **Обзор...** и указав путь к файлу на жестком

или сетевом диске;

- установите флажки напротив одного или нескольких правильных вариантов ответа;

- нажмите на кнопку **Зафиксировать** для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку **Сохранить и добавить новое**; чтобы сохранить задание и сразу

перейти к составлению нового задания.

Название	Балл за задание	Попыток сдачи	Тип задания
Задание 6	1	1	Множественный выбор

Редактирование содержания задания "Задание 6"

Перемешивать варианты ответов:

☒ Перемешивать

☐ Не перемешивать

Тип множественного выбора:

☒ Возможность выбора студентом одного ответа

☐ Возможность выбора студентом нескольких ответов

Текст задания:

На каком уровне семиуровневой модели ISO происходит передача кадра данных между узлами. В качестве адресов используются MAC-адреса

Добавить приложение: Обзор...  

Варианты ответов:

1 физический уровень ☐

Добавить приложение: Обзор...  

2 канальный уровень ☒

Добавить приложение: Обзор...

3 сетевой уровень ☐

Добавить приложение: Обзор...

4 транспортный уровень ☐

Добавить приложение: Обзор...

5 сеансовый уровень ☐

Добавить приложение: Обзор...

6 уровень представления ☐

Добавить приложение: Обзор...

7 прикладной уровень ☐

Добавить приложение: Обзор...

Добавить ответ

Рис. 14. Создание задания со множественным выбором верных ответов

Тестовое задание с добавлением слова (открытый тип). Данный тип задания (рис. 15) дает вам возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя ответ с клавиатуры в виде текста, цифры, слова, математической формулы и т.д. Для того чтобы наполнить задание, выполните следующие действия:

- - введите текст задания в поле **Текст задания**;
- - текст задания может представлять собой текст или текст в сочетании с

приложением. Чтобы добавить приложение (изображение или документ), нажмите на кнопку **Обзор...**, находящуюся под полем **Текст задания**, и укажите путь к файлу на жестком или сетевом диске;

- - в поле **Вопрос** введите вопрос, на который должен ответить обучающийся;
 - - в поле **Ответ** укажите правильный ответ;
- в пределах одного задания вы можете задать обучающемуся несколько вопросов. Для

добавления вопроса нажмите на кнопку **Добавить вопрос**;

- нажмите на кнопку **Зафиксировать** для сохранения задания в базе данных;

- нажмите на кнопку **Сохранить и добавить новое**, чтобы сохранить задание и сразу перейти к составлению нового задания.

Рис. 15 Создание задания с добавлением слова

Кроме рассмотренных типов заданий, в ИС ModEUS существует и ряд других, в частности: **Верно - неверно**. Данный тип задания предоставляет обучающемуся выбрать один из вариантов ответа («верно» или «неверно») на поставленный вопрос.

Группировка. В данном типе задания обучающемуся необходимо распределить заданный список понятий по группам.

Заполни поле (проверка с диапазоном). Данный тип задания дает возможность задать вопрос, на который обучающийся должен ответить, введя с клавиатуры числовой ответ.

Сопоставление. Проверяется способность обучающихся сопоставить понятия по указанному принципу.

Эссе. Обучающийся отвечает в свободной форме на поставленный преподавателем вопрос. Вопрос может быть представлен в виде текста или любого другого документа.

Следует отметить, что в ИС ModEUS можно задать количество вопросов, время на проведение тестовых заданий, а также **мощность теста**. Мощность определяет количество заданий, которые будут предложены студенту для выполнения. Например, если в группе заданий десять вариантов заданий, а мощность группы равна пяти, то студенту будут предложены для выполнения пять заданий из десяти. После проведения тестирования в

информационной системе происходит автоматическое формирование оценок на основании выполненных студентами заданий.

Итак, мы завершили рассмотрение возможностей информационной системы, работающей в локальной сети учебного заведения для организации форумов и проведения тестирования студентов.

Настройка видео web-сессий

В настоящее время миллионы пользователей во всем мире используют видеосвязь с помощью сети Интернет для общения друг с другом. Достоинства такого способа общения очевидны: есть возможность слышать и визуально наблюдать собеседника, находящегося, возможно, за тысячи километров. Для обеспечения полноценной видеосвязи для захвата и воспроизведения видео и звука могут использоваться как встроенные в компьютер камера, микрофон или динамик, так и внешние устройства, такие как web-камера, головная гарнитура, а также следует обеспечить высокоскоростной доступ к Интернету.

Взаимодействие собеседников при организации видео web-сессий возможно в нескольких направлениях: видеоконференция и видеотелефония.

1. Видеоконференция — это технология интерактивного взаимодействия двух и более человек, при которой между ними происходит обмен информацией в режиме реального времени. Существует нескольких видов видеоконференций:

- **симметричная (групповая)** видеоконференция позволяет проводить сеансы показа презентаций или рабочего стола;
- **асимметричная** видеоконференция используется для дистанционного образования. Позволяет собрать в конференции множество участников таким образом, что все они будут видеть и слышать одного ведущего, он, в свою очередь, всех участников одновременно;
- **селекторное видеосовещание** — рассчитано на взаимодействие большой группы участников, при котором пользователи имеют возможность активно обсуждать действия при чрезвычайных ситуациях, оперативно решать текущие вопросы.

Для эффективной организации проведения web-конференций, маркетинговых презентаций, онлайн-обучения, совещаний и любых других видов онлайн-встреч существует ряд программных решений. В качестве примера можно привести программы Mirapolis Virtual Room (<http://virtualroom.ru/>), ВидеоМост (www.videomost.com), TrueConf Online (<http://trueconf.ru/>) и др.

2. Видеотелефония — реализуется посредством сеанса видеосвязи между двумя пользователями, во время которого они могут видеть и слышать друг друга, обмениваться сообщениями и файлами, вместе работать над документами и при этом находиться в разных местах в комфортной для себя обстановке.

Для того чтобы общаться с близкими и друзьями, можно бесплатно совершать видеозвонки с помощью таких программ, как Skype (<http://www.Skype.com/intl/ru/get-skype>), Mail.ru Агент (<http://agent.mail.ru>) и ряд других.

Для того чтобы проверить наличие встроенной web-камеры на компьютере, достаточно войти в меню **Пуск**, выбрать **Компьютер**, щелкнуть на нем правой кнопкой мыши и в контекстно-зависимом меню нажать пункт **Свойства**. Далее следует выбрать пункт меню **Диспетчер устройств**, а в нем пункт **Устройства обработки изображений**. Наличие в нем устройства, например, USB 2.0 Camera свидетельствует о наличии web-камеры.

Кроме того, в документации к компьютеру (Руководство пользователя) или другому устройству должны быть приведены сведения об установленных в систему устройствах и, в частности, инструкция по использованию встроенной камеры и программному обеспечению, отвечающему за данное устройство.

Одной из таких популярных утилит является ArcSoft WebCam Companion — пакет приложений для взаимодействия с web-камерой, который позволяет захватывать, редактировать изображения и записывать видео. Самостоятельно проведите ее установку,

воспользовавшись web-адресом <http://arcsoft-webcam-companion.en.softonic.com>. После установки данной программы на компьютер ее можно запустить на выполнение командой **Пуск/Все программы/ArcSoft WebCam Companion/WebCam Companion**. Интерфейс программы представлен несколькими разделами: Захват, Маска, Забавная рамка, Правка, Монитор, Другие приложения (рис. 16).



Рис. 16. Пункты меню программы ArcSoft WebCam Companion

Выберем значок **Захват**, а в нем пункт меню **Параметры web-камеры**. Откроется окно, представленное на рис. 17.

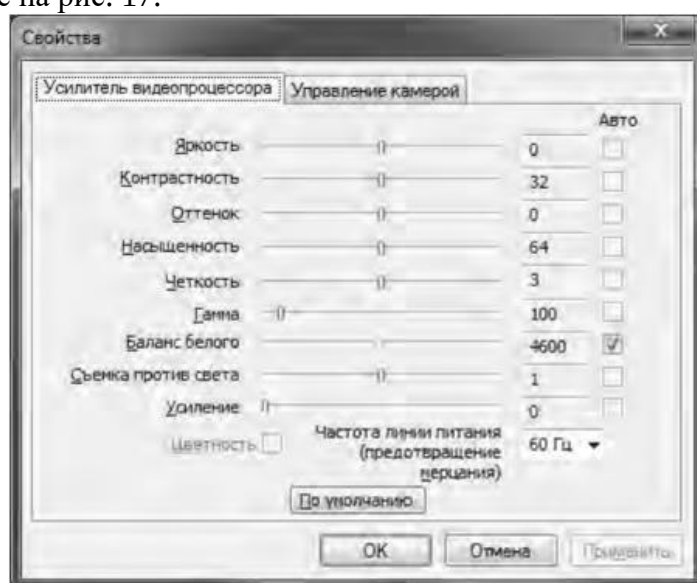


Рис. 17. Окно Свойства web-камеры

Как видно из рис. 17, в данном окне можно изменить основные параметры настройки web-камеры, одновременно наблюдая за результатом на экране. При желании настройки можно вернуть в исходное состояние, нажав на кнопку **По умолчанию**.

Теперь поговорим о том, как организовать web-сессию в такой популярной программе, как Skype. Ее большим преимуществом является такой факт, что звонки между абонентами являются бесплатными. Однако, если вы делаете звонок на мобильный или стационарный телефон, вам потребуется позаботиться о том, чтобы на вашем счете были деньги. Положить деньги на оплату разговоров в Skype вы можете с использованием такого сервиса, как Яндекс.Деньги (<https://money.yandex.ru/>).

Инсталлируйте программу Skype, воспользовавшись ее адресом в сети Интернет <http://www.skype.com/intl/ru/get-skype>. После установки программа становится доступной после выполнения команды **Пуск/Все программы/ Skype/Skype**. В окне регистрации введите свой логин и пароль. Обратите внимание на то, что если вы установите флажок в пункте **Автоматическая авторизация при запуске Skype**, то вам не придется каждый раз вводить свои данные.

Добавьте своих друзей, родственников в список контактов, воспользовавшись командой **Контакты/Добавить контакт**. Вам нужно ввести фамилию, имя знакомого, его контактный телефон, адрес электронной почты. В результате ваши контакты будут располагаться в группе **Контакты** и будут видны при каждом запуске программы.

Выполним настройку web-камеры. Последовательно нажмем **Инструменты/Настройки/Настройки видео**. Появится окно, представленное на рис. 18.

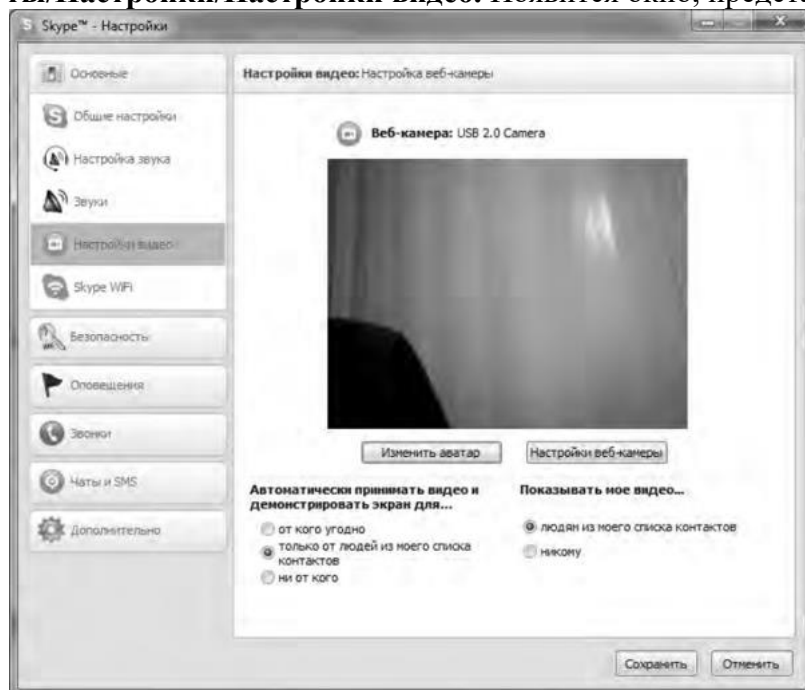


Рис.18. Окно Настройки

Если вы видите изображение - камера настроена и готова к работе. В противном случае, Skype выведет об этом текстовое сообщение. Теперь перейдем в меню **Настройка звука**. Проверьте, что поставлен флажок в опции **Разрешить автоматическую настройку микрофона**. Скажите несколько слов вслух, уровень громкости звука в опции **Громкость** должен изменяться. Окончательно проверить сделанные настройки можно с помощью контрольного звонка. Для этого, находясь в меню **Настройка звука**, выберите пункт **Сделать контрольный звонок в Skype**. В ходе контрольного звонка вы сможете сделать запись своего голоса в течение десяти секунд, а затем прослушать его. Если этот эксперимент окончится удачно, значит, все настройки выполнены правильно и программа готова к работе.

Теперь, когда мы завершили работу с настройками программы, можно попробовать сделать видеозвонок. Для этого необходимо совершить следующие действия:

1. Войти в программу Skype.
2. В группе **Контакты** щелчком мыши выбрать абонента. Во время звонка он должен быть в сети, о чем будет свидетельствовать соответствующий значок в программе Skype.
3. Нажать кнопку **Видеозвонок**.

Через несколько секунд соединение будет установлено и вы можете начать разговор, в процессе которого вы будете видеть и слышать своего собеседника. Подобная ситуация представлена на рис. 19.



Рис. 19 Сеанс связи установлен

Если во время разговоров у вас возникают неполадки со звуком, такие как сильный фоновый шум, эхо, задержка звука, «механический» звук или пропадание слов, следует убедиться в следующем:

1. Использует ли собеседник последнюю версию программы Skype? Информацию о версии программы можно получить, выполнив команду **По- мощь/О Skype**.
2. Нет ли рядом с микрофоном источников шума?
3. Не расположен ли микрофон рядом с динамиками?
4. Достаточно ли высокая скорость соединения?

Кроме того, когда программа Skype обнаруживает неполадки во время звонка, на экране появляется сообщение с рекомендациями, которые помогут вам повысить качество связи. Необходимо выполнить эти рекомендации.

Итак, вы получили теоретические сведения и практические навыки работы с организацией видео web-сессий, которые, несомненно, будут востребованы в вашей повседневной жизни.

Задания:

а) Зарегистрируйтесь на сервисе Forum2x2. Создайте форум своего учебного заведения, выбрав одну из четырех версий создания форумов. Выполните советы для успешного начала работы своего форума, приведенные в параграфе 5.4. После завершения работы отправьте на электронную почту преподавателя ссылку на созданный вами форум.

б) Установите на свой компьютер программу Skype. Сделайте видеозвонок вашему преподавателю (по предварительной договоренности).

2. Проведите диагностику стиля делового общения.

Инструкция. С помощью этого теста вы можете оценить свой стиль делового общения. Вам предложено 80 утверждений. Из каждой пары выберите одно — то, которое, как вы считаете, наиболее соответствует вашему поведению. Обратите внимание на то, что ни одна пара не должна быть пропущена. Тест построен таким образом, что ни одно из приведенных ниже утверждений не является ошибочным.

1. Я люблю действовать.
2. Я работаю над решением проблем систематическим образом.
3. Я считаю, что работа в командах более эффективна, чем на индивидуальной основе.
4. Мне очень нравятся различные нововведения.
5. Я больше интересуюсь будущим, чем прошлым.
6. Я очень люблю работать с людьми.
7. Я люблю принимать участие в хорошо организованных встречах.
8. Для меня очень важными являются окончательные сроки.

9. Я против откладываний и проволочек.
10. Я считаю, что новые идеи должны быть проверены прежде, чем они будут применяться на практике.
11. Я очень люблю взаимодействовать с другими людьми. Это меня стимулирует и вдохновляет.
12. Я всегда стараюсь искать новые возможности.
13. Я сам люблю устанавливать цели, планы и т.п.
14. Если я что-либо начинаю, то доделываю это до конца.
15. Обычно и стараюсь понять эмоциональные реакции других.
16. Я создаю проблемы другим людям.
17. Я надеюсь получить реакцию других на свое поведение.
18. Я нахожу, что действия, основанные на принципе «шаг за шагом», являются очень эффективными.
19. Я думаю, что хорошо могу понимать поведение и мысли других.
20. Я люблю творческое решение проблем.
21. Я все время строю планы на будущее.
22. Я восприимчив к нуждам других.
23. Хорошее планирование — ключ к успеху.
24. Меня раздражает слишком подробный анализ.
25. Я остаюсь невозмутимым, если на меня оказывают давление.
26. Я очень ценю опыт.
27. Я прислушиваюсь к мнению других.
28. Говорят, что я быстро соображаю.
29. Сотрудничество является для меня ключевым словом.
30. Я использую логические методы для анализа альтернатив.
31. Я люблю, когда одновременно у меня идут разные проекты.
32. Я постоянно задаю себе вопросы.
33. Делая что-либо, я тем самым учусь.
34. Полагаю, что я руководствуюсь рассудком, а не эмоциями.
35. Я могу предсказать, как другие будут вести себя в той или иной ситуации.
36. Я не люблю вдаваться в детали.
37. Анализ всегда должен предшествовать действиям.
38. Я способен оценить климат в группе.
39. У меня есть склонность не заканчивать начатые дела.
40. Я воспринимаю себя как решительного человека.
41. Я ищу такие дела, которые бросают мне вызов.
42. Я основываю свои действия на наблюдениях и фактах.
43. Я могу открыто выразить свои чувства.
44. Я люблю формулировать и определять контуры новых проектов.
45. Я очень люблю читать.
46. Я воспринимаю себя как человека, способного интенсифицировать, организовать деятельность других.
47. Я не люблю заниматься одновременно несколькими вопросами.
48. Я люблю достигать поставленных целей.
49. Мне нравится узнавать что-либо о других людях.
50. Я люблю разнообразие.
51. Факты говорят сами за себя.
52. Я использую свое воображение, насколько это возможно.
53. Меня раздражает длительная, кропотливая работа.
54. Мой мозг никогда не перестает работать.
55. Важному решению предшествует подготовительная работа.
56. Я глубоко уверен в том, что люди нуждаются друг в друге, чтобы завершить работу.

57. Я обычно принимаю решение, особо не задумываясь.
58. Эмоции только создают проблемы.
59. Я люблю быть таким же, как другие.
60. Я не могу быстро прибавить пятнадцать к семнадцати.
61. Я примеряю свои новые идеи к людям.
62. Я верю в научный подход.
63. Я люблю, когда дело сделано.
64. Хорошие отношения необходимы.
65. Я импульсивен.
66. Я нормально воспринимаю различия в людях.
67. Общение с другими людьми значимо само по себе.
68. Люблю, когда меня интеллектуально стимулируют.
69. Я люблю организовывать что-либо.
70. Я часто перескакиваю с одного дела на другое.
71. Общение и работа совместно с другими людьми являются творческим процессом.
72. Самоактуализация является крайне важной для меня.
73. Мне очень нравится играть идеями.
74. Я не люблю попусту терять время.
75. Я люблю делать то, что у меня получается.
76. Взаимодействуя с другими, я учусь.
77. Абстракции интересны для меня.
78. Мне нравятся детали.
79. Я люблю кратко подвести итоги, прежде чем прийти к какому-либо умозаключению.
80. Я достаточно уверен в себе.

Обработка результатов.

Обведите те номера, на которые вы ответили положительно, и отметьте их в приведенной ниже таблице. Посчитайте количество баллов по каждому стилю (один положительный ответ равен 1 баллу). Тот стиль, по которому вы набрали наибольшее количество баллов (по одному стилю не может быть более 20 баллов), наиболее предпочтителен для вас. Если вы набрали одинаковое количество баллов по двум стилям, значит, они оба присущи вам.

Ключ

Стиль 1: 1, 8, 9, 13, 17, 24, 26, 31, 33, 40, 41, 48, 50, 53, 57, 63, 65, 70, 74, 79.

Стиль 2: 2, 7, 10, 14, 18, 23, 25, 30, 34, 37, 42, 47, 51, 55, 58, 62, 66, 69, 75, 78.

Стиль 3: 3, 6, 11, 15, 19, 22, 27, 29, 35, 38, 43, 46, 49, 56, 59, 64, 67, 71, 76, 80.

Стиль 4: 4, 5, 12, 16, 20, 21, 28, 32, 36, 39, 44, 45, 52, 54, 60, 61, 68, 72, 73, 77.

Интерпретация результатов

Стиль 1 — ориентация на действие. Характерно обсуждение результатов, конкретных вопросов, поведения, ответственности, опыта, достижений, решений. Люди, владеющие этим стилем, прагматичны, прямолинейны, решительны, легко переключаются с одного вопроса на другой.

Стиль 2 — ориентация на процесс. Характерно обсуждение фактов, процедурных вопросов, планирования, организации, контролирования, деталей. Человек, владеющий этим стилем, ориентирован на систематичность, последовательность, тщательность. Он честен, многословен и мало эмоционален.

Стиль 3 ориентация на людей. Характерно обсуждение человеческих нужд, мотивов, чувств, «духа работы в команде», понимания, сотрудничества. Люди этого стиля эмоциональны, чувствительны, умеют сопереживать окружающим.

Стиль 4 — ориентация на перспективу, на будущее. Людям этого стиля присуще обсуждение концепций, больших планов, нововведений, различных вопросов, новых методов, альтернатив. Они обладают хорошим воображением, полны идей, но мало реалистичны и порой их сложно понять.

Задания:

- а) На основе самодиагностики определите стиль делового общения
- б) Дайте обоснование рекомендаций по совершенствованию делового общения.

ПОДГОТОВКА РЕФЕРАТА

Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения магистрантом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата магистрант может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учиться лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

Реферат является первой ступенью на пути освоения навыков проведения научно-исследовательской работы. В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: **«реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;

- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Магистрант для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

Выбор темы реферата

Магистранту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем магистранту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом следует сразу же составлять

библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

Цель – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата**:

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).

1.1. (полное название параграфа, пункта);

1.2. (полное название параграфа, пункта). Основная часть

2. (полное наименование главы).

2.1. (полное название параграфа, пункта);

2.2. (полное название параграфа, пункта).

Заключение (выводы).

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением.

Оглавление (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

Введение. В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

Заключение (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Приложения могут включать графики, таблицы, расчеты.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Общие требования к оформлению реферата

Рефераты по дисциплинам магистратуры направления подготовки 38.04.02 – «Менеджмент», как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и поправки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, межстрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется магистрантом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что...», «таблица позволяет заключить, что...» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например: «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например: «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте курсовой работы должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например: «...в табл. 2.2».

Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (x) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы (реферата) или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «...в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Диаграмма – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

График – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота

работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «...на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «...в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на

иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

Статья одного, двух или трех авторов из журнала

Зотова Л. А., Еременко О. В. Инновации как объект государственного регулирования // *Экономист*. 2010. № 7. С. 17–19.

Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами

Валютный курс и экономический рост / С. Ф. Алексащенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // *Вопросы экономики*. 2010. № 8. С. 18–22.

Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами

Иохин В. Я. Экономическая теория: учебник. М.: Юристъ, 2009. 178 с.

Книга, написанная более чем тремя авторами

Экономическая теория: учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

Сборники

Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

Статья из сборника

Данилов А. Г. Система ценообразования промышленного предприятия // *Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей.* Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

Статья из газеты

Крашаков А. С. Будет ли обвал рубля // *Аргументы и факты*. 2011. № 9. С. 3.

Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

Пример оформления затекстовой ссылки

Ссылка в тексте: «При оценке стоимости земли необходимо учесть все возможности ее производственного использования» [17, С. 191].

В списке использованных источников:

17. *Борисов Е. Ф.* Основы экономики. М.: Юристъ, 2008. 308 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1. Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.
2. Ответы магистранта на вопросы преподавателя.
3. Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

Советы магистранту:

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.

- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).

- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.

- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.

- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.

- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.

- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.

- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!

- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.

- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.

- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

ТЕМЫ РЕФЕРАТА

1. Общение как социально-психологическая категория.
2. Коммуникативная культура в деловом общении.
3. Условия общения и причины коммуникативных неудач.
4. Роль невербальных компонентов в речевом общении.
5. Речевой этикет, его основные функции и правила.
6. Причины отступлений от норм в речи, типы речевых ошибок, пути их устранения и предупреждения.
7. Деловая беседа (цели, задачи, виды, структура).
8. Особенности телефонного разговора.
9. Новые тенденции в практике русского делового письма.
10. Культура дискусивно-полемиической речи. Виды споров, приемы и уловки в споре
11. Основные правила эффективного общения.
12. Личность как субъект общения. Коммуникативная компетентность личности.
13. Конфликтное поведение и причины его возникновения в деструктивном взаимодействии.
14. Деловое общение и управление им.
15. Отношения сотрудничества и конфликта в представлениях российских работников.
16. Реформы в России и проблемы общения молодого поколения и работодателей.
17. Культура речи в деловом общении.
18. Содержание закона конгруэнтности и его роль в деловом общении.
19. Этика использования средств выразительности деловой речи.
20. Особенности речевого поведения.
21. Культура устной и письменной речи делового человека в современной России.
22. Вербальные конфликтогены в практике современного российского общества.
23. Этические нормы телефонного разговора.
24. Основные тенденции развития Российской деловой культуры.
25. Характеристика манипуляций в общении.
26. Приемы, стимулирующие общение и создание доверительных отношений.
27. Правила подготовки публичного выступления.
28. Правила подготовки и проведения деловой беседы.
29. Типология конфликтных личностей и способы общения с ними.
30. Этикет и имидж делового человека.

ПОДГОТОВКА К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

При подготовке к зачету по дисциплине *«Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности»* обучающемуся рекомендуется:

1. повторить пройденный материал и ответить на вопросы, используя конспект и материалы лекций. Если по каким-либо вопросам у студента недостаточно информации в лекционных материалах, то необходимо получить информацию из раздаточных материалов и/или учебников (литературы), рекомендованных для изучения дисциплины *«Средства коммуникации в учебной и профессиональной деятельности»*.

Целесообразно также дополнить конспект лекций наиболее существенными и важными тезисами для рассматриваемого вопроса;

2. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* особое внимание необходимо уделять схемам, рисункам, графикам и другим иллюстрациям, так как подобные графические материалы, как правило, в наглядной форме отражают главное содержание изучаемого вопроса;

3. при изучении основных и дополнительных источников информации в рамках выполнения заданий на *зачете* (в случаях, когда отсутствует иллюстративный материал) особое внимание необходимо обращать на наличие в тексте словосочетаний вида «во-первых», «во-вторых» и т.д., а также дефисов и перечислений (цифровых или буквенных), так как эти признаки, как правило, позволяют структурировать ответ на предложенное задание.

Подобную текстовую структуризацию материала слушатель может трансформировать в рисунки, схемы и т. п. для более краткого, наглядного и удобного восприятия (иллюстрации целесообразно отразить в конспекте лекций – это позволит оперативно и быстро найти, в случае необходимости, соответствующую информацию);

4. следует также обращать внимание при изучении материала для подготовки к *зачету* на словосочетания вида «таким образом», «подводя итог сказанному» и т.п., так как это признаки выражения главных мыслей и выводов по изучаемому вопросу (пункту, разделу). В отдельных случаях выводы по теме (разделу, главе) позволяют полностью построить (восстановить, воссоздать) ответ на поставленный вопрос (задание), так как содержат в себе основные мысли и тезисы для ответа.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД. 03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность

21.05.04 Горное дело

Направленность (профиль)

Обогащение полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Одобрены на заседании кафедры

Управления персоналом

(название кафедры)

Зав.кафедрой

Ветош

(подпись)

Ветошкина Т.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 16.09.2021

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

Горно-механического факультета

(название факультета)

Председатель

Осипов

(подпись)

Осипов П.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 12.10.2021

(Дата)

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2 Методические указания по подготовке к опросу	9
3 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	11
4 Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5 Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	14
Заключение	17
Список использованных источников	18

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации¹. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентов с текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированным заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия, необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированными заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированными заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированному заданию и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированным заданием.

¹ Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливаются заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один-два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода *case-study*. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффективна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющих в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим методам.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучать лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется ознакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии².

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

²Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)³.

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

³Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]:
http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

3. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помочь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем – самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;

- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

4. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы (проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неувоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не

попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала, кратко записав это на листе бумаги, создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее и ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или в учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подго-

товив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

- 1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;
- 2) добросовестное выполнение заданий;
- 3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;
- 4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;
- 5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;
- 6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;
- 7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.
2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально-ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://evolkov.net/case/case.study.html/>
3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml>
4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.
5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf