



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования

**УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

## **БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ**

Труды III Международной научно-практической конференции  
26 мая 2021., г. Екатеринбург

Ответственный редактор  
доктор геолого-минералогических наук, профессор В. А. Елохин

Екатеринбург 2021

УДК 622 : 614.8

Б 40

**Безопасность технологических процессов и производств: Труды  
Б 40 III Международной научно-практической конференции. 26 мая 2021 г., г.  
Екатеринбург / отв. редактор В. А. Елохин; Урал. гос. горный ун-т. –  
Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2021. – 102 с.**

В сборнике трудов представлены результаты авторских исследований, охватывающие различные аспекты безопасности технологических процессов и производств, а также работы, касающиеся мониторинга состояния недр.

Публикуемые материалы могут представлять интерес для студентов, аспирантов, профессорско-преподавательского состава вузов, реализующих программы высшего образования по направлению «Техносферная безопасность», а также для специалистов науки и производства.

УДК 622 : 614.8

© Уральский государственный  
горный университет, 2021  
© Авторы, постатейно, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Аксенов З. В.</i> Обзор методов геоконтроля, реализуемого в угольных шахтах . . . . .	4
<i>Белоусов С.С., Елохин В.А.</i> Анализ условий труда электрогазосварщика в ООО «МУБР» . . . . .	9
<i>Говорухин Ю.М., Домрачев А.Н, Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю.</i> О методе оценки объёмов загазования взрывоопасной метановоздушной смесью горных выработок угольных шахт . . . . .	13
<i>Горин Р. Ю.</i> Рекомендуемая методика расчета параметров вентиляции тупиковых выработок . . . . .	19
<i>Демин В.Ф., Абдрахман Е. А., М.Н., Демина Т.В., Кочнева Л.В.</i> Упрочнение пород почвы с учетом напряженно-деформированного состояния горного массива вокруг выработки. . . . .	24
<i>Демин В.Ф., Демина Т.В., Батанин Ф.К., Тетерев Н.А.</i> Технология крепления неустойчивых пород кровли вокруг выработки. . . . .	31
<i>Демин В.Ф., Демина Т.В., Кузнецов А.М., Пуриков Д.Е.</i> Характер и формы проявления горного давления на угольных шахтах . . . . .	37
<i>Елохин В. А.</i> Результаты мониторинга растительности за период 2007-2019 гг в зоне влияния шлакового отвала . . . . .	43
<i>Елохина С.Н., Н.В. Цветов, С.В. Горбова</i> Мониторинг опасных экзогенных геологических процессов на Янгельском месторождении пресных подземных вод	49
<i>Ермолаев А.И., Тетерев Н.А., Кузнецов А.М., Ачинцев А. Л.</i> Параметры расчета буровзрывных работ (БВР) . . . . .	54
<i>Ермолаев А.И., Тетерев Н.А., Кузнецов А.М., Мухин Д.В.</i> Надежность работы соединений детонирующего шнура . . . . .	56
<i>Зайцев В. А., Булавка Ю. А., Кожемятов К. Ю.</i> Анализ состояния промышленной безопасности при эксплуатации и проектировании технологических трубопроводов . . . . .	60
<i>Ившина К.В.</i> Автономные системы электроснабжения как средство обеспечения электробезопасности при ведении открытых горных работ . . . . .	65
<i>Киндлер А.А.</i> Оценка параметров элементов техногенного ландшафта Дегтярской зоны постэксплуатации с применением беспилотных летательных аппаратов . . . . .	69
<i>Останин А.А.</i> Статистический анализ производственного травматизма на угольных шахтах Казахстана . . . . .	73
<i>Попова Т.А., Елохин В.А.</i> Изучение современного состояния системы охраны труда в общеобразовательной организации . . . . .	78
<i>Сидоров А. И., Абдуллоев И. Т.</i> Компьютерное моделирование заземляющей сети карьера . . . . .	80
<i>Сидоров А. И., Бобоев Х.Д.</i> Компьютерная модель карьерной распределительной сети . . . . .	85
<i>Тетерев Н.А., Ермолаев А.И., Кузнецов А.М., Ачинцев А. Л.</i> Исследование влияния физико-химических свойств сульфидной пыли на ее взрывчатость . . . . .	88
<i>Тетерев Н.А., Ермолаев А.И., Кузнецов А.М.</i> Расчет безопасных расстояний по фактору ударно-воздушной волны при производстве взрывных работ в подземных выработках опасных по взрыву сульфидной пыли . . . . .	94
<i>Елохин В.А.</i> Кафедре безопасности горного производства – 90 лет . . . . .	99

АКСЕНОВ З. В.

Горный институт НИТУ «МИСиС»

**Аннотация:** Повышение интенсивности горных работ достигается за счет увеличения скорости реализации проходческих циклов, обеспечения максимальной производительности очистных забоев, а также выбора оптимальных параметров горных выработок. Такой подход может привести к горным ударам и выбросам. В работе представлен научный обзор существующих методов геоконтроля угольного массива при ведении горных работ. В результате проведенного анализа сформирован перечень наиболее развитых и часто применяемых средств геоконтроля.

**Ключевые слова:** геоконтроль, метод, угольная шахта, безопасность.

### **OVERVIEW OF GEOCONTROL METHODS IMPLEMENTED IN COAL MINES**

**Abstract:** An increase in the intensity of mining operations is achieved by increasing the speed of implementation of tunneling cycles, ensuring maximum productivity of working faces, as well as choosing the optimal parameters of mine workings. This approach can lead to rock bumps and blowouts. The paper presents a scientific review of the existing methods of geocontrol of the coal massif during mining operations. As a result of the analysis, a list of the most developed and frequently used geocontrol tools was formed.

**Key words:** geocontrol, method, coal mine, safety.

Различные проявления динамических явлений крайне негативно сказываются на поддержании проектных темпов добычи угля и приводят к возникновению инцидентов и аварийных ситуаций, создавая тем самым угрозу жизни и здоровью персонала. В большинстве случаев данные факторы, помимо всего прочего, конвертируются в значительные финансовые убытки для угледобывающих предприятий. Исходя из этого, сохраняется актуальность вопроса разработки с последующей интеграцией современных портативных и автоматизированных систем непрерывного контроля состояния массива горных пород в целях своевременного и информативного прогноза геодинамических явлений [1, 2].

На сегодняшний день решение прикладных задач геомеханики может быть реализовано посредством использования значительного количества методов контроля и оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород. [3]. Однако, большинство существующих методов отличаются трудоемкостью и высокой стоимостью реализации. Среди методов геоконтроля можно выделить три основные категории: геологические, геофизические и геомеханические, каждая из которых отличается значительной вариативностью. [4].

Первая группа включает в себя методы, основанные на общем анализе геологической среды, в том числе с применением визуального осмотра состояния горных выработок, подверженных деформированию вследствие влияния горного давления. В большинстве случаев методы данной группы позволяют получить только качественную оценку действующих в массиве напряжений, но при этом отличаются незначительной трудоемкостью.

Вторая группа включает в себя методы, основанные на инструментальном определении параметров деформационных процессов в определенной зоне массива горных пород. Определение действующих напряжений данными методами реализуется с высокой точностью, при этом требует значительной трудоемкости, зачастую с привлечением работ по определению физико-механических свойств горной породы в лабораторных условиях.

Третья группа включает в себе геофизические методы, которые базируются на определении принципов взаимосвязи основных параметров действующих в массиве естественных и искусственных физических полей. Данные методы обеспечивают контроль за различными по своим размерам областям массива и информативность в вопросе исследования динамики напряжений в пространственном и временном отношении. К основным недостаткам данных методов относится достаточно низкая точность определения абсолютных действующих напряжений. Общая классификация распространенных методов оценки НДС массива горных пород продемонстрирована на рисунке 1.

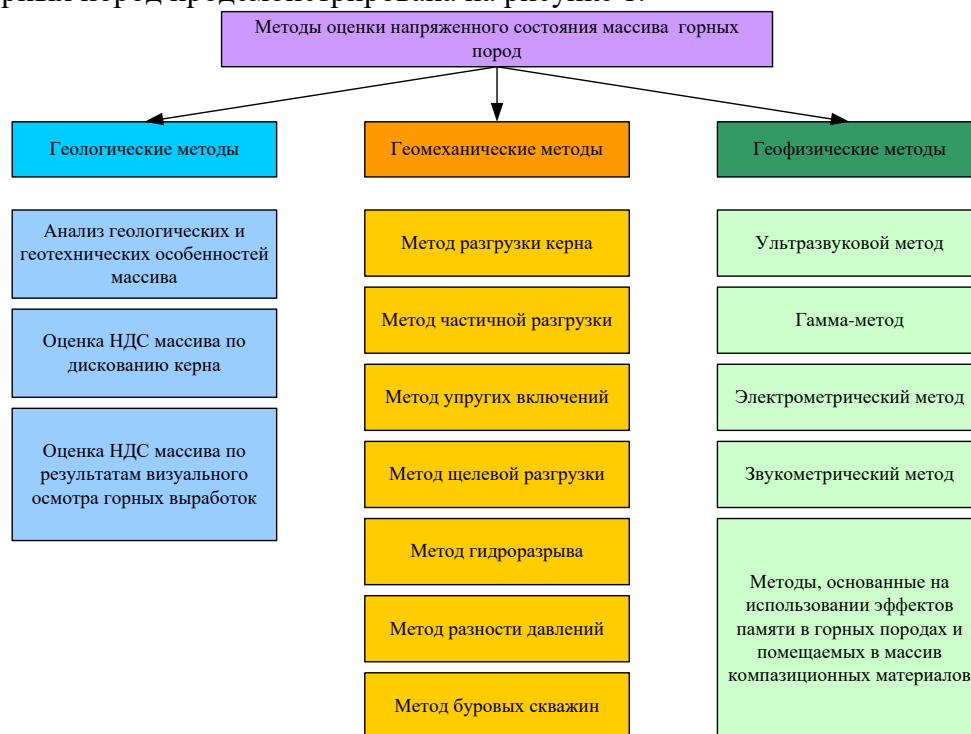


Рисунок 1 – Методы геоконтроля

Экспериментальные методы оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород реализуются посредством прямых измерений, направленных на определение параметров, отражающих механические и геофизические процессы в геологической среде. Однако, данный подход требует наличия установленных взаимосвязей между вышеперечисленными параметрами и исходными напряжениями.

Методы определения НДС массива горных пород могут быть условно разделены на две категории (в зависимости от продолжительности и результатов практического применения): традиционные и инновационные.

В общем случае методы оценки НДС массива горных пород могут быть разделены на три группы, исходя из физических и методологических особенностей.

Точность определения значений и направлений действующих в массиве напряжений достигается посредством проведения геомеханических и геофизических измерений.

Первоочередно проводится исследование массива на предмет принадлежности его к определенному типу. Всего выделяют четыре группы, среди которых: породный массив кристаллического фундамента, область контрастно выраженной складчатости чехла платформ, слабо метаморфизованные породы чехла и осадочные комплексы, в число которых входят месторождения гипса, солей и бурого угля. Два первых типа характеризуются значительным проявлением тектонических сил, при котором наблюдается превосходство горизонтальных сжимающих напряжений над вертикальными. Тектонические силы, проявляющиеся в массиве третьей группы, достаточно слабо выражены. Что касается четвертой группы, то определение НДС массива осуществляется только по весу налегающих пород.

Проведение анализа горизонтальных сдвижений земной коры обеспечивает получение дополнительной информации относительно горизонтальных напряжений. Высокий уровень напряжений, действующих в горизонтальной плоскости, в большинстве случаев, сопутствует существенным сдвигениям земной коры.

Проведение визуального обследования горных выработок необходимо для формирования предварительного понимания структуры поля напряжений в условиях исследуемого месторождения. Объектами визуального обследования являются вертикальные, наклонные и горизонтальные незакрепленные горные выработки, буровые скважины, попадающие в зону влияния очистных работ. Главными индикаторами, свидетельствующими о проявлении горного давления, являются локальные разрушения горных пород в контурах выработок.

Данный метод позволяет определять характер напряженного состояния массива (гидростатичное или негидростатичное) и приближенное направление максимального напряжения  $\sigma_1$ . При существенных значениях  $\sigma_1$  возможно проявление хрупкого разрушения пород в бортах выработок, участки, расположения которых простираются вблизи с направлением действия максимального главного напряжений.

Гидростатическое напряженное состояние характеризуется равномерными нарушениями пород в кровле и бортах выработок. В данном случае, области разрушения независимы от выбора направлений в горизонтальной плоскости. Неравномерность разрушений объясняется слоистостью и высокой трещиноватостью пород, которые также определяются в процессе визуального обследования.

Негидростатическому напряженному состоянию свойственно преобладающее разрушение бортов и кровли горизонтальных горных выработок.

Основу метода разгрузки керн составляет взаимосвязь действующих напряжений и деформаций упругого восстановления элемента горной породы, проявляющихся при нарушении связи данного элемента с окружающим массивом [10,11].

Распространены три классификации метода разгрузки керн, отличающиеся друг от друга методикой проведения натуральных измерений и техническим обеспечением:

- Схема ВНИМИ (определение деформации торца керн, обуренного кольцевой щелью).
- Схема Н. Хаста (определение изменения диаметра центрального отверстия, пробуренного в керне, разгруженном кольцевой щелью).
- Схема Е. Лимана (определение деформаций центрального отверстия, пробуренного в керне, разгруженном кольцевой щелью).

Основу метода частичной разгрузки составляет измерение деформаций на участке массива, разгруженного центральным отверстием.

Данный метод представлен в двух вариациях, особенностями которых являются наклеивание тензодатчиков и использование съемных тензометров.

По условиям применения для первой вариации подходят сухие ровные поверхности обнажения, позволяющие наклеивать тензодатчики. При работе с сильно обводненными массивами возможно использование только съемных тензометров.

Основу метода щелевой разгрузки составляет оценка деформаций, возникающих после нарушения целостности массива. Ключевой особенностью данного метода перед методом частичной разгрузки является меньшая степень зависимости от равномерности горных пород на участке исследования, что объясняется размерами зоны разгрузки.

Практическая реализация данного метода заключается в создании щели с последующим измерением деформаций в ее стенках.

Основу метода упругих включений составляет использование тензометров (фотоупругих датчиков), способных преобразовывать степень прозрачности в поляризованном свете под воздействием определенной нагрузки. В условиях повышенных напряжений данный датчик

отображает сложную картину изоклин и изохром, которые по взаимно перпендикулярным осям симметрии указывают на направление главных нормальных напряжений.

Для проведения измерений указанным методом требуется определение упругих характеристик пород, а также более высокой жесткости фотоупругого датчика в сравнении с окружающим массивом горных пород.

Метод гидроразрыва основан на восстановлении первоначальных напряжений в массиве с последующим увеличением давления до образования трещин разрыва.

Реализация метода гидроразрыва осуществляется бурением измерительной скважины в направлении действия одного из главных напряжений. На установленной глубине в скважине монтируются пакеры, через один из которых насосом под высоким давлением нагнетается жидкость, что позволяет минимизировать фильтрационные потери и паровое давление.

Повышение давления жидкости приведет к образованию в массиве горных пород с наибольшим растягивающим тангенциальным напряжением трещины разрыва. Направление действия максимального сжимающего напряжения будет совпадать с направлением развития трещины. Результаты различных этапов нагружения скважины отражаются на диаграмме типа давление-время.

К плюсам данного метода можно отнести незначительную трудоемкость и возможность определения направления действия главных напряжений с указанием соответствующих абсолютных значений.

Основу метода разности давлений составляет использование гидравлических датчиков в целях установления в измерительной скважине необходимого давления, принимаемого в качестве исходного. По величине изменения давления в гидросистеме оценивается приращение напряжений, возникающего вследствие ведения горных работ или влияния иных производственных факторов.

Измерительный комплекс представлен маслостанцией, маслоприводом, гидравлическим датчиком и манометром.

Данный метод – прост в реализации, обеспечивает относительную точность определения приращения напряжений, но не отражает их абсолютные значения.

Данный метод буровых скважин основан на оценке действующих напряжений посредством определения деформаций ползучести. Свойство ползучести, характерное для большинства осадочных пород, представляет собой способность пород претерпевать длительные деформации под воздействием напряжений (до 70% от предела прочности).

Сущность ультразвуковых методов определения напряжений в массиве горных пород заключается в следующем. По мере распространения ультразвуковые колебания (УЗК), возбуждаемые различными радиоэлектронными устройствами, взаимодействуют с первичными полями (полями напряжений), отражающими определенные свойства горной породы. Претерпевая изменения собственных параметров в процессе прохождения полей, ультразвуковые колебания представляют искомую измерительную информацию, не оказывая при этом влияния на исследуемые поля.

Определение абсолютных напряжений в массиве осуществляется посредством сложения первоначальных напряжений, которые измеряются одним из методов разгрузки, и приращенных напряжений, измерение которых проводится методом упругих включений.

Приоритет получения объективных сведений о напряженно-деформированном состоянии (НДС) массива горных пород обусловлен их широким применением на стадии разработки и при непосредственной реализации комплекса мер по отработке месторождений полезных ископаемых, строительству, а также эксплуатации подземных сооружений. Прогноз возникающих в земной коре динамических явлений осуществляется на основе информации об основных характеристиках полей напряжений. Определение рациональных (оптимальных) технических и технологических решений по контролю за состоянием массива горных пород и обеспечению устойчивости конструктивных элементов применяемой системы разработки также напрямую зависит от вышеупомянутых характеристик. Данная взаимосвязь

обусловлена тем, что напряжения, возникающие в массиве, определяют надежность и эксплуатационный срок службы объектов, попадающих в зону их влияния, а также динамику протекающих в массиве процессов.

Геологическая среда, находящаяся под техногенным воздействием, характеризуется своей многокомпонентностью, неоднородностью состава, структуры и физико-механических свойств. Кроме того, блочность геологической среды, анизотропия, а также ее нестабильность (по различным параметрам), являющихся причиной возникновения тепловых, электромагнитных и акустических полей, не позволяет создавать объективные и относительно простые аналитические модели, что, в свою очередь, сокращает число расчетных методов, пригодных для определения характеристик напряжений, возникающих в массиве горных пород.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Автоматизированная система контроля состояния массива горных пород и прогноза динамических явлений/Копылов К.Н., Смирнов О.В., Кулик А.И., Пальцев А.И. // *Безопасность труда в промышленности*, № 8, 2015 – С. 32-37.
2. Смирнов О.В., Кулик А.И. Перспективы применения акустического контроля состояния массива горных пород и прогноза динамических явлений // *Gornyyu informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2017. № 5, С. 352–359
3. Копылов К.Н., Смирнов О.В., Кулик А.И., Потапов П.В. Испытания автоматизированной системы акустического контроля // *Уголь*. – 2015. – № 7. – С. 44–48
4. Смирнов О.В., Кулик А.И., Лапин Е.А. Прогноз геологических нарушений по параметрам акустического сигнала // *Уголь*. – 2015. – № 11. – С. 76–79
5. Аксенов З.В. О влиянии геоактивных зон природного и искусственного происхождения на точность маркшейдерских измерений // *Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности*. 2017. № 3. С. 78-83.
6. Костеренко В.Н., Смирнов Р.О., Аксенов З.В. Динамика газовыделений в очистных забоях // *Горная промышленность*. 2019. № 2 (144). С. 52-55.
7. Ройтер М., Крах М., Кисслинг У., Векслер Ю., Копылов К.Н., Костеренко В.Н., Смирнов О.В., Аксенов З.В. Сейсмоакустический мониторинг автоматизированной лавы // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2019. Т. 6. № 1. С. 207-211.
8. Еременко В.А., Айнбиндер И.И., Пацкевич П.Г., Бабкин Е.А. Оценка состояния массива горных пород на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». – ГИАБ. – № 1. – 2017. – С. 5-17
9. Курленя М.В., Серяков В.М., Еременко А.А. Техногенные геомеханические поля напряжений. - Новосибирск: Наука. — 2005. – 264 с.
10. Еременко В. А., Гахова Л. Н., Семенякин Е. Н. Формирование зон концентрации напряжений и динамических явлений при отработке рудных тел Таштагольского месторождения на больших глубинах // *ФТПРПИ*. — 2012. — № 2. — С. 80-87
11. Кузьмин Ю. О., Жуков В. С. Современная геодинамика и вариации физических свойств горных пород. — М.: Из-во МГГУ. — 2004 . — 262 с.



## АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА ЭЛЕКТРОГАЗОСВАРИЩИКА В ООО «МУБР»

БЕЛОУСОВ С.С., ЕЛОХИН В.А.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Аннотация:** в статье рассматриваются вопросы необходимости проведения мероприятий направленных на улучшения условий труда, после проведения специальной оценки условий труда на рабочем месте электрогазосварщика.

**Ключевые слова:** специальная оценка условий труда, охрана труда, факторы трудового процесса, вредные факторы производственной среды, рабочее место.

### ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS OF A WELDER IN LLC "MUBR"

**Abstract:** The article discusses the need to take measures aimed at improving working conditions after a special assessment of working conditions at the welder's workplace.

**Keywords:** Special assessment of working conditions, labor protection, factors of the labor process, harmful factors of the working environment, workplace.

Последнее время на предприятиях работодатели начали активно проводить мероприятия по охране труда. Одним из мероприятий в области охраны труда является проведение специальной оценки условий труда. Работодатель обязан обеспечивать безопасность работников в процессе их трудовой деятельности и соблюдать права на рабочие места, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда. Эти вопросы регулирует Федеральный закон № 426 от 28.12.2013 г. «О специальной оценке условий труда».

Специальная оценка условий труда – единый комплекс последовательно выполняемых процедур по выявлению и оценке уровня воздействия вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса на работников [1]. Процедура введена с 1 января 2014 года, для того, чтобы урегулировать систему предоставления льгот и гарантий, а также повысить ответственность работодателей перед работниками. Эта процедура заменила аттестацию рабочих мест и во многом ее повторяет.

В современном мире роль и значение специальной оценки условий труда в системе социально-трудовых отношений резко возрастает. В соответствии с Федеральным законом "О специальной оценке условий труда" результаты специальной оценки условий труда являются обязательной расчетной базой для установления всех видов компенсаций работникам. Результаты проведения специальной оценки условий труда передаются в Министерство Труда РФ, в Пенсионный фонд и Фонд социального страхования и в соответствии с ними производятся начисления страховых, пенсионных взносов и прочих выплат [4].

Рассмотрим факторы производственной среды и трудового процесса, которые воздействуют на электрогазосварщика (таблица1).

Таблица 1 – Воздействие вредных факторов производственной среды и трудового процесса на электрогазосварщика

	КАРТА № 12 Электрогазосварщик
Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда
Химический	3.1
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	3.3
Шум	3.1
Вибрация локальная	2
Неионизирующие излучения	3.1
Тяжесть трудового процесса	3.1
Итоговый класс (подкласс) условий труда	3.3

Из таблицы 1 видно, что основными вредными факторами являются: химический, аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД), шум, неионизирующее излучение и тяжесть трудового процесса.

По факторам производственной среды рабочее место электрогазосварщика отнесено к классу 3.3 по АПФД (Кремний диоксид кристаллический превышает ПДК в 5 раз). Это значит, что уровни воздействия вредных факторов способны вызвать изменения в организме работника, приводящие к развитию профессиональных заболеваний легкой и средней степени тяжести с потерей профессиональной трудоспособности.

После того, как мы выявили опасные и вредные факторы воздействуют на работника, определим, какие гарантии и компенсации должны предоставляться работнику, и в соответствии с какими нормативно-правовыми документами.

В нашем случае работнику положено:

- Повышенный размер оплаты труда не менее 4 %. (Статья 147 ТК РФ).
- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск не менее 7 дней. (Статья 117 ТК РФ).
- Сокращенная продолжительность рабочего времени не более 36 часов. (Статья 92 ТК РФ).

-Выдача молока и лечебно-профилактического питания. (Приказ Минздравсоцразвития России от 16.02.2009 N 45н)

- Досрочная трудовая пенсия по старости. (Постановление Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10).

Пользуясь утвержденной методикой снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками эффективных СИЗ, класс условий труда рабочего места электрогазосварщика по вредным факторам АПФД снижается до 3.2 (вредные условия труда второй степени) (таблица 2).

Приказ Минтруда России от 05.12.2014 N 976н (ред. от 14.11.2016) "Об утверждении методики снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом [2].

За счёт снижения класса условий труда с 3.3. до 3.2. Необходимость в установлении компенсации «сокращенная продолжительность рабочего времени» отсутствует (таблица 3).

Работодатель обязан ежегодно обеспечивать реализацию мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных в результате специальной оценки условий труда.

Таблица 2 – Оценка условий труда по вредным (опасным) факторам электрогазосварщика.

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда	Эффективность СИЗ *, +/-/не оценивалась	Класс (подкласс) условий труда при эффективном использовании СИЗ
Химический	3.1	не оценивалась	3.1
Биологический	-	не оценивалась	-
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия	3.3	+	3.2
Шум	3.1	не оценивалась	3.1
Инфразвук	-	не оценивалась	-
Ультразвук воздушный	-	не оценивалась	-
Вибрация общая	-	не оценивалась	-
Вибрация локальная	2	не оценивалась	2
Неионизирующие излучения	3.1	не оценивалась	3.1
Ионизирующие излучения	-	не оценивалась	-
Параметры микроклимата	-	не оценивалась	-
Параметры световой среды	-	не оценивалась	-
Тяжесть трудового процесса	3.1	не оценивалась	3.1
Напряженность трудового процесса	-	не оценивалась	-
Итоговый класс (подкласс) условий труда	<b>3.3</b>	не заполняется	<b>3.2</b>

Таблица 3 - Гарантии и компенсации

Наименование компенсации	Класс вредности				
	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Оплата труда в повышенном размере	+	+	+	+	+
Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск	-	+	+	+	+
Сокращенная продолжительность рабочего времени	-	-	+	+	+

Типовой перечень ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков утверждается в соответствии со ст. 226 ТК РФ [3].

Рассмотрим, как можно защитить работника от выявленных вредных и опасных производственных факторов.

Для уменьшения уровня шума применяют следующие основные методы:

- уменьшение возмущения звуковых колебаний в источнике;
- звукоизоляция;
- звукопоглощение;
- применение средств индивидуальной защиты;

Защита от вибрации:

– средства защиты верхних конечностей (виброзащитные перчатки, рукавицы, вкладыши);

Защита от АПФД:

- применение средств индивидуальной защиты;
- метод мокрого пылеулавливания;
- устройство местных вентиляционных отсосов, вытяжной или приточно-вытяжной вентиляции.

С учетом вышеизложенного мною были разработаны мероприятия для электрогазосварщиков ООО «МУБР»:

1) Приобретение дополнительных средств индивидуальной защиты (для защиты от химических веществ в воздухе рабочей зоны и ультрафиолетового излучения при проведении сварочных работ). Рекомендуется использовать средства защиты органов дыхания (респиратор). Сварочная маска с респиратором. Сварочная маска с респиратором в отличие от стандартной полумаски осуществляет защиту всего лица от опасных воздействий.

2) Внедрение систем автоматического контроля уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах.

3) Внедрение систем (устройств) автоматического и дистанционного управления и регулирования производственным оборудованием, технологическими процессами, подъемными и транспортными устройствами.

4) Механизация уборки производственных помещений, своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов, очистки воздуховодов и вентиляционных установок, осветительной арматуры, окон, фрамуг, световых фонарей.

5) Модернизация оборудования (его реконструкция, замена), а также технологических процессов на рабочих местах с целью снижения до допустимых уровней содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, механических колебаний (шум, вибрация, ультразвук, инфразвук) и излучений (ионизирующего, электромагнитного, лазерного, ультрафиолетового).

6) Организовать проведение углубленных осмотров не реже одного раза в пять лет в центрах профпатологии и других медицинских организациях, имеющих право на проведение предварительных и периодических осмотров, на проведение экспертизы профессиональной пригодности и экспертизы связи заболевания с профессией работников.

7) Оборудование рабочих мест вентиляционными системами и установками. Производится установка местной вытяжной вентиляции. Местные отсосы должны устанавливаться к каждому оборудованию и рабочему месту, где есть выделения вредных веществ. Необходимо оборудовать вытяжную систему вентиляции фильтрами для очистки воздуха от сварочных аэрозолей. Так же возможна установка передвижного механического фильтровентиляционного агрегата.

Выполненная автором работа по исследованию и анализу воздействия вредных факторов при проведении специальной оценки условий труда электрогазосварщика, позволила изучить влияние вредных и опасных факторов на безопасность работников, во время трудового процесса, установить меры защиты, которые уменьшат воздействие ряда негативно влияющих факторов на человека и разработать комплекс мероприятий, в том числе приобретение эффективных средств индивидуальной защиты, модернизацию оборудования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда. «Термины и определения». <http://docs.cntd.ru>. – (дата обращения 16.04.2021)
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 5 декабря 2014 года N 976н. <http://docs.cntd.ru>. – (дата обращения 16.04.2021)
3. Трудовой кодекс Российской Федерации. <http://base.garant.ru>. – (дата обращения 16.04.2021)
4. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». <http://www.consultant.ru>. – (дата обращения 16.04.2021)

## О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ОБЪЁМОВ ЗАГАЗОВАНИЯ ВЗРЫВООПАСНОЙ МЕТАНОВОЗДУШНОЙ СМЕСЬЮ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Говорухин Ю.М.<sup>1</sup>., Домрачев<sup>1,2</sup>А.Н, Криволапов В.Г.<sup>1</sup>., Палеев Д.Ю.<sup>1,3</sup>

1 – ФГКУ «Национальный горноспасательный центр», г. Новокузнецк, Россия

2 – ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк, Россия

3 – Горный институт УрО РАН, г. Пермь, Россия

**Аннотация:** Выделены объекты шахтной вентиляционной сети, потенциально опасные по газозаванию. Разработан алгоритм оценки объёмов газозавания взрывоопасной метановоздушной смесью данных объектов. Синтезирован алгоритм оценки фактического дебита метана в выработки. Предложен способ внесения в модель топологии объёмов газозавания в закреплённом пространстве выемочных участков.

**Ключевые слова:** угольная шахта, аварийные участки, объекты и объёмы газозавания, дебит метана, модель топологии, способ внесения зон газозавания, взрывобезопасные расстояния

## A METHOD OF ASSESSING THE GASED VOLUMES OF COAL MINES ENTRIES WITH AN EXPLOSIVE METHANE-AIR MIXTURE

Govorukhin Yu.M.<sup>1</sup>., Domrachev A.N.<sup>1,2</sup>, Krivolapov V.G.<sup>1</sup>., Paleev D. Yu.<sup>1,3</sup>

1 – Mine Rescue Center, Novokuznetsk, Russia

2 – Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

3 – Institute of Mining Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

**Abstract** The objects of the mine ventilation network potentially hazardous in terms of volumes that can be gassed is identified. An algorithm for assessing the volumes of these objects that can be gassed with an explosive methane-air mixture is developed. An algorithm for assessing the actual methane emission rate at entries is synthesized. A method for introducing a gassed volumes behind longwall supports in block panels into the topology model is proposed.

**Keywords:** coal mine, emergency areas, objects and volumes that can be gassed, methane emission rate, topology model, method of introducing gassed areas, explosion-proof distances

При составлении планов ликвидации аварий (ПЛА) и ведении аварийно-спасательных работ (АСР) необходимо выполнять анализ безопасных расстояний при взрывах метановоздушных смесей (МВС) [1, 2]. Для этой цели руководствуются Методикой газодинамического расчёта параметров воздушных ударных волн при взрывах газа пыли (утверждена Распоряжением Ростехнадзора от 27.04.2004 № Р-7) [3]. Эта методика регламентирует как ручной счёт, так и применение специализированного программного обеспечения на основе моделей топологии шахтных вентиляционных сетей (ШВС). Исходными данными для расчёта являются объёмы газозавания горных выработок.

Как известно, в настоящее время не существует какой-либо утверждённой методики, позволяющей определить объёмы загазования выработок с целью расчёта безопасных расстояний. Зачастую ошибки в определении объёмов МВС приводят к тяжким последствиям (шахта «Есаульская» – 2005 г., шахта «Распадская» – 2009 г., шахта «Северная» – 2016 г.). В связи с этим актуальной научно-технической задачей является разработка метода оценки объёмов загазования взрывоопасной МВС горных выработок угольных шахт. При этом следует учитывать то, что в сложной системе «шахта» действуют множество взаимовлияющих процессов, параметры которых не являются постоянными и могут меняться даже в пределах одного выемочного участка. В каждом конкретном случае необходимо проводить детальный анализ всего комплекса горно-геологической и горнотехнической информации по шахте.

Оценка объёмов загазования горных выработок и пространств взрывоопасной смесью

Основными объектами, потенциально опасными по загазованию и взрывам, являются очистные и подготовительные забои. При этом областей локального скопления метана, которые могут принять участие во взрыве при подходе к ним ударной воздушной волны, может быть несколько. Кроме того, на выемочном участке, при управлении кровлей полным обрушением, метан может скапливаться в [4]:

- пространстве за секциями механизированной крепи на длину шага обрушения пород непосредственной кровли;
- куполах зоны обрушения в случае, если породы основной кровли не подбучены разрыхленной породной массой непосредственной кровли;
- непогашенных участках выработок, примыкающих к очистному забою;
- частично сохраняемых в выработанном пространстве (ВП) выработках.

При этом загазованным следует считать такой объём, концентрация метана в котором достигла взрывоопасной величины  $c_v = 4,3 \%$ . Данная концентрация получена в ходе многочисленных исследований, проведённых в СССР ведущими НИИ, по данным анализа проб рудничного газа. Размеры зон загазования следует определять по величине  $c_v$  согласно датчикам системы аэрогазового контроля (АГК), либо по фактической абсолютной метанообильности выработок.

а) Очистной забой при управлении кровлей полным обрушением

Объём пространства, примыкающего к очистному забою, за секциями механизированной крепи на ширину шага обрушения пород непосредственной кровли,  $m^3$ , определяется по формуле

$$V_{ВП} = ml_{н.к}l_{оз}, \quad (1)$$

где  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  
 $l_{н.к}$  – шаг обрушения пород непосредственной кровли, м;  
 $l_{оз}$  – длина очистного забоя, м.

Если обрушенные и разрыхленные породы непосредственной кровли не подбучивают породы основной кровли, то в куполах обрушения формируется так называемый газовый коллектор. В этом случае должно выполняться условие

$$m + h_{н.к} > k_p h_{н.к}, \quad (2)$$

где  $h_{н.к}$  – мощность пород непосредственной кровли, м;  
 $k_p$  – коэффициент разрыхления пород непосредственной кровли.

При использовании схем проветривания с изолированным отводом метана и дегазацией вышележащей углевмещающей толщи, формирования газового коллектора не происходит. Это наглядно показано в исследованиях, приведённых в [5-7]. Отключение газоотсасывающей установки, сокращение расхода воздуха на выемочном участке, прекращение работы системы дегазации приводит к накоплению метана в куполах ВП. В случае обрушения пород консоли

основной кровли метан из газового коллектора может быть выдавлен в действующие выработки. Эти дополнительные объёмы также необходимо учитывать и могут быть оценены по формуле

$$V_{г.к} = 0,5h_{св}l_{отх}l_{оз}, \quad (3)$$

где  $h_{св}$  – предел свободного опускания пород основной кровли, м;  
 $l_{отх}$  – отход очистного забоя с момента обрушения пород основной кровли, м.

При использовании схем проветривания с изолированным отводом метана по ограниченной (между очистной выработкой и задней сбойкой) и не ограниченной зоне ВП, МВС отводится по участкам непогашенных выработок, примыкающих к очистному забою, либо по частично сохраняемым выработкам. Данные объёмы также следует учитывать при прекращении работы газоотсасывающих установок (или сокращении расхода воздуха на аварийном участке).

Объём непогашенных участков выработок, м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$V_{н.в} = \sum_{i=1}^{N_{н.в}} l_{н.к} S_{н.вi}, \quad (4)$$

где  $N_{н.в}$  – число непогашенных выработок, примыкающих к очистному забою;  
 $S_{н.вi}$  – площадь сечения  $i$ -й непогашенной выработки, м<sup>2</sup>.

Объём частично сохранённых выработок, м<sup>3</sup>, определяется по формуле

$$V_{ч.с} = \sum_{i=1}^{N_{ч.с}} l_{ч.сi} S_{ч.сi}, \quad (5)$$

где  $N_{ч.с}$  – число частично сохранённых выработок;  
 $l_{ч.сi}$  – длина  $i$ -й частично сохранённой выработки, м;  
 $S_{ч.сi}$  – площадь сечения  $i$ -й непогашенной выработки, м<sup>2</sup>.

При возвратноточной схеме проветривания и отключенном газоотсосе вероятным местом локального скопления метана является сопряжение очистного забоя с выработкой, по которой выдаётся исходящая струя.

В случае сокращения расхода воздуха, подаваемого на выемочный участок, а также динамическом выносе метана из ВП, объём очистного забоя, м<sup>3</sup>, также может быть загазован до взрывоопасной концентрации метана. Он определяется по формуле

$$V_{оз} = S_{оз} l_{оз}, \quad (6)$$

где  $S_{оз}$  – площадь поперечного сечения очистного забоя, м<sup>2</sup> (оценивается по проектной документации угледобывающего предприятия).

б) Тупиковые выработки, проветриваемые за счёт турбулентной диффузии

В ходе выполненных исследований, результаты которых приведены в [8], установлено, что на газовых шахтах загазованными следует принимать проветриваемые за счёт турбулентной диффузии тупиковые выработки с боковым примыканием при:

- нормальном воздухораспределении, длина которых превышает 6 м и скорость потока в сквозной выработке более 1 м/с. При этом загазованным окажется участок ( $l_T - 6$ ) м, где  $l_T$  – длина тупика, м;

- скорости потока в сквозной выработке менее 1 м/с. В этом случае загазованным следует принимать весь тупик.

в) Подготовительные выработки

Загазованными следует принимать выработки, в которых произошло отключение вентилятора местного проветривания, либо сокращение расхода воздуха до такого уровня, при

котором возможно образование взрывоопасной концентрации метана. Протяжённость загазованной зоны от подготовительного забоя, м, определяется в зависимости от времени  $t_3$ , мин, прошедшего с момента отключения вентилятора (сокращения расхода) по формуле

$$L_{п.в} = \frac{t_3 I_{п.в}}{0,01 c_B S_{п.в}}, \quad (7)$$

где  $I_{п.в}$  – фактический дебит метана в подготовительную выработку, м<sup>3</sup>/мин;  
 $S_{п.в}$  – поперечное сечение выработки, м<sup>2</sup>.

#### г) Прочие выработки

Анализ газовой обстановки в действующих выработках, проветриваемых за счёт общешахтной депрессии, следует проводить с использованием компьютерных моделей ШВС в специализированном программном обеспечении. При этом первоначально данные модели должны быть проверены на достоверность и адекватность. В модель необходимо занести дебиты метана всех источников газового баланса шахты. Также не должно допускаться упрощение модели, например, посредством объединения ветвей выработках, в которые выделяется метан и происходит его перенос.

Объёмы прочих выработок, в которых при расчётах воздухораспределения установлено, что могут образоваться зоны загазования, м<sup>3</sup>, оцениваются по формуле

$$V_{г.в} = S_{г.в} l_{г.в}, \quad (8)$$

где  $S_{г.в}$  – площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>;  
 $l_{г.в}$  – протяжённость выработки, м.

Оценка дебитов метана и времени загазования какого-либо участка до взрывоопасной концентрации должна производиться только с использованием фактически замеренных данных (эпизодические замеры, телеметрия систем АГК). Следует выполнять анализ показаний как вышедших из строя при аварии, так и сохранивших свою работоспособность датчиков контроля физических параметров рудничной атмосферы. При составлении ПЛА проектируемого выемочного участка следует использовать данные лавы-аналога.

Фактическая абсолютная метанообильность источника (на выемочном участке, в подготовительном забое)  $I_{\phi}$ , м<sup>3</sup>/мин, оценивается по формуле

$$I_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\phi i}}{n}, \quad (9)$$

где  $\sum_{i=1}^n I_{\phi i}$  – фактическая абсолютная метанообильность за первый и последующие месяцы отработки выемочного столба (проведения подготовительной выработки), м<sup>3</sup>/мин;  
 $n$  – количество месяцев, в течение которых выполнялись замеры.

Метанообильность  $I_{\phi i}$ , м<sup>3</sup>/мин, за каждый месяц отработки выемочного столба (проведения подготовительной выработки) определяется по формуле

$$I_{\phi i} = 0,01 \frac{\sum_{j=1}^{n_{в}} Q_{вj}}{n_{вi}} \cdot \frac{\sum_{k=1}^{n_{м}} C_{mk}}{n_{ми}}, \quad (10)$$

$Q_{вj}$  – расход воздуха в пункте измерения, м<sup>3</sup>/мин;

где  $n_{вi}$  – число измерений расхода воздуха за  $i$ -ый месяц;



- $C_{mk}$  – концентрация метана по данным выполненных замеров в пункте измерения, %;
- $n_{mi}$  – число определений концентрации метана.
- При выполнении расчётов по формуле (10) составляется таблица.

Таблица 1 – Образец таблицы

№ месяца	$\sum_{j=1}^{n_b} Q_{bj}$ , М <sup>3</sup> /МИН	$n_{vi}$	$\sum_{k=1}^{n_m} C_{mk}$ , %	$n_{mi}$	$I_{\phi i}$ , М <sup>3</sup> /МИН
1 месяц					
...					...
$n$ -й месяц					
$\sum_{i=1}^n I_{\phi i}$ , М <sup>3</sup> /МИН					

Способ внесения в модель топологии объёмов загазования в закреплённом пространстве очистных забоев

Объёмы загазования в зоне обрушения в закреплённом пространстве очистного забоя рекомендуется задавать вводом в компьютерную модель ШВС дополнительных ветвей с соответствующими геометрическими размерами (рисунок 1) [4]. Простое увеличение сечения очистного забоя приводит к заметным погрешностям при выполнении вычислений. В этом случае на сопряжениях с оконтуривающими выемочный столб выработками происходит резкое уменьшение поперечного сечения (сужение), что не соответствует действительному положению, и ударно-волновой процесс может затухнуть на сопряжении (либо потерять значительную часть своей энергии), а не распространяться по выработкам. Таким образом, предлагается дополнительные ветви закреплённого пространства соединять условными ветвями с очистным забоем. Шаг соединения не должен превышать 50 м. Геометрические размеры условных ветвей должны устанавливаться из минимальных возможностей программ, в которых выполняется расчёт, но при этом они не должны включаться в расчётные объёмы загазования.

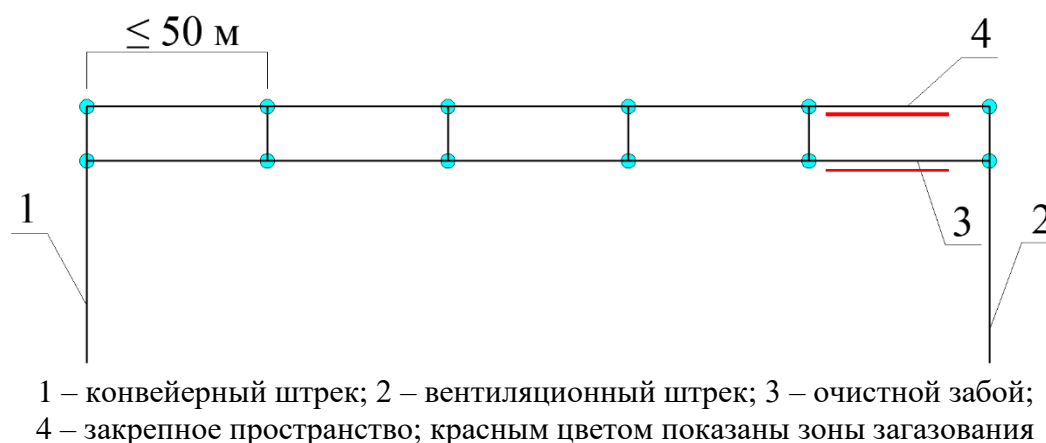


Рисунок 1 – Схема ввода в компьютерную модель ШВС дополнительных ветвей и соединения их с очистным забоем [4]

Таким образом, предложен метод оценки объёмов загазования взрывоопасной метановоздушной смесью горных выработок угольных шахт. Применение данного метода позволит повысить точность расчётов распространения поражающих факторов взрывов МВС и, следовательно, безопасность ведения АСР.

## Библиографический список

1. Приказ Ростехнадзора от 08.12.2020 № 507 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» (зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 № 61587). – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_372172/b4a1e8d07918392afa62bf4d9d36cd6569f3eace](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372172/b4a1e8d07918392afa62bf4d9d36cd6569f3eace) (дата обращения 01.05.2021).

2. Приказ Ростехнадзора от 27.11.2020 N 467 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по порядку разработки планов ликвидации аварий на угольных шахтах, ознакомления, проведения учебных тревог и учений по ликвидации аварий, проведения плановой практической проверки аварийных вентиляционных режимов, предусмотренных планом ликвидации аварий» (зарегистрировано в Минюсте России 21.12.2020 № 61615). – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_372174](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372174) (дата обращения 01.05.2021).

3. Распоряжение Госгортехнадзора РФ от 27.04.2004 № Р-7 «О введении в действие Методики газодинамического расчета параметров воздушных ударных волн при взрывах газа и пыли». – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=331468%20#019248400577640212> (дата обращения 01.05.2021).

4. Говорухин Ю.М., Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю. О способе внесения в модель топологии объёмов загазования в закрепном пространстве выемочных участков при расчётах взрывобезопасных расстояний // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2020. – № 6. – С.373-375.

5. Говорухин Ю.М., Домрачев А.Н., Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю., Филатов Ю.М. Об эффективности дегазации выемочных участков для условий пологих пластов юга Кузбасса // Безопасность труда в промышленности: научно-производственный журнал. М., 2017. – № 12. – С.11-17.

6. Говорухин Ю.М., Фрянов В.Н., Палеев Д.Ю. Численное моделирование взаимодействующих геомеханических и аэродинамических процессов на выемочном участке // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Тула, 2019. – № 2. – С.288-299.

7. Говорухин Ю.М., Домрачев А.Н., Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю., Балаганский М.Ю. Методология моделирования фильтрации газоздушных смесей в выработанном пространстве выемочного участка // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово. 1, 2011. – С.72-76.

8. Говорухин Ю.М., Криволапов В.Г., Палеев Д.Ю. Исследование аэродинамических особенностей тупиковых выработок, проветриваемых за счёт турбулентной диффузии // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. Тула, 2020. – № 1. – С.392-400.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИИ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК

ГОРИН Р. Ю.

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Горного  
института

**Аннотация** В данной работе приведена рекомендуемая методика для расчета параметров вентиляции тупиковых выработок при работе проходческого комбайна, которая разработана в АО СУЭК при участии аспиранта НИТУ «МИСиС».

**Ключевые слова:** угольные шахты, газ, самовозгорание, СУЭК, уголь, шахта, газовыделение, очистной забой, длина лавы.

## RECOMMENDED METHODOLOGY FOR CALCULATING THE VENTILATION PARAMETERS OF DEAD-END WORKINGS

**Abstract** This paper presents a recommended method for calculating the ventilation parameters of dead-end workings during the operation of a tunneling combine, which was developed in SUEK JSC with the participation of a graduate student of NUST MISIS.

**Keywords:** coal mines, gas, spontaneous combustion, SUEK, coal, mine, gas release, treatment face, lava length.

Эффективность рекомендуемой методики определяется по сравнению вероятностей воспламенения метановоздушных и пылевоздушных смесей в зоне возможных источников внешней энергии в забое и призабойном пространстве из-за необеспеченности необходимым расходом свежего воздуха.

Определение рациональных параметров вентиляции осуществляется по разработанному алгоритму (рисунок 1).

Блок 1. Исходные горно-геологические условия:

- мощность пласта угля ( $m_{пл}$ ); зольность угля ( $A_3$ ), пластовая влажность ( $W$ ), природное содержание метана ( $X_m$ ) и выход летучих веществ в сухой беззольной массе ( $V^{daf}$ ) соответствии с классификационными параметрами для углей России); удельный выход тонкодисперсной пыли с площади, обрабатываемой резцами рабочего органа, в зависимости от петрографических свойств угля в пласте ( $P_{св.у}$ , мг/м<sup>2</sup>).

Дебит метана в забое выработки  $i_3$  рассчитывается из условия непрерывной работы комбайна в течение 1 минуты и технической производительности комбайна. Содержание метана в угольном веществе, из которого выделится метан при разрушении рабочим органом комбайна, определится по формуле:

$$X_m = X_{m.пл} \frac{(100 - W - A_3 - V^{daf})}{100}, \text{ м}^3/\text{т, с.б.м.}, (1)$$

Блок 2. Технологические параметры:

- топология сети проектируемых горных выработок;
- максимальная длина и площадь поперечного сечения тупиковой части выработки в черне ( $S_{чер}$ ) средняя площадь поперечного сечения по длине выработки в свету ( $S_{св}$ , м<sup>2</sup>);
- применяемый тип проходческого комбайна и его техническая производительность (м<sup>3</sup>/мин; т/мин);
- число резцов в линии разрушения ( $m$ ); общее число линий резания в коронке ( $N$ ); число оборотов коронки ( $n_k$ , 1/мин); длина заглубленной части коронки ( $l_k$ , м) средний диаметр коронки ( $D_{ср}$ , м);
- проектируемая максимальная скорость проведения выработки (м/сут.);
- схема обработки и режимы фрезерования забоя угольного пласта;

- применяемые вспомогательные способы снижения массовой концентрации тонкодисперсной угольной пыли в шахтной атмосфере.

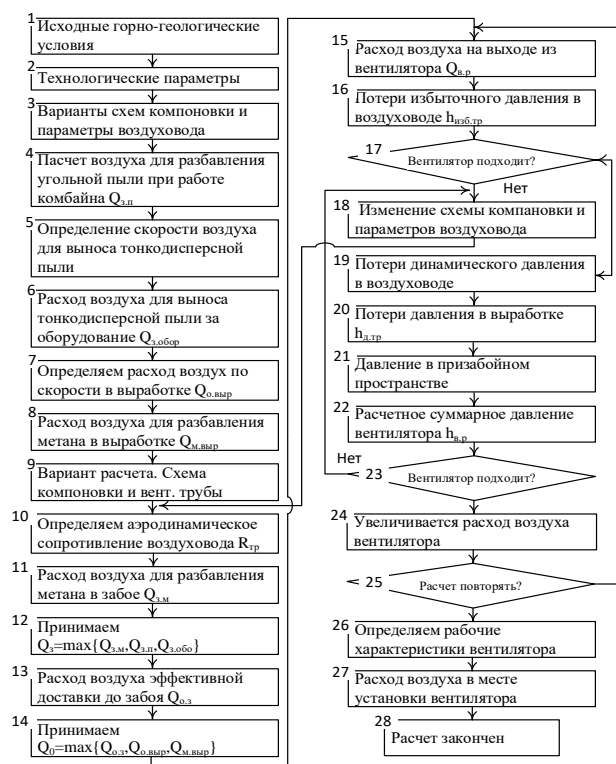


Рисунок 1 – Блок-схема определения параметров системы вентиляции забоя тупиковой выработки

Блок 3. Варианты схем компоновки и параметров воздуховода.

Схема прокладки воздуховода, максимальная длина и количество поворотов воздуховода;

Варианты схем компоновки воздуховода:

- с простым воздуховодом, состоящим из вентиляционных труб одного диаметра;
- с комбинированным воздуховодом, состоящим из вентиляционных труб различного диаметра;
- сложная схема из труб, соединённых параллельно-последовательно.

Диаметры  $d_0$  и удельные аэродинамические сопротивления вентиляционных труб  $r_0$ .

Типы и аэродинамические характеристики вентиляторов местного проветривания.

Коэффициент утечек свежего воздуха из воздуховода.

Блок 4. Расчёт воздуха для разбавления выделившейся тонкодисперсной угольной пыли при работе комбайна  $Q_{з.п}$  по формуле:

$$Q_{з.п} = \frac{k_c \cdot b_{уд} \cdot E}{C_k}, \text{ м}^3/\text{мин.}, \quad (2)$$

$C_k$  – регламентированная (безопасная) массовая концентрация тонкодисперсной пыли в воздухе ( $\text{мг}/\text{м}^3$ );  $k_c$  - коэффициент снижения массовой концентрации тонкодисперсной угольной пыли в шахтной атмосфере, зависящий от применяемых вспомогательных способов (при отсутствии способов  $k_c = 1$ ). Интегральный показатель пылеобразующей способности комбайна

$$E = m \cdot N \cdot n_k \cdot l_k \cdot D_{ср}, \text{ м}^2/\text{мин}, \quad (3)$$

Удельный выход тонкодисперсной угольной пыли при работе комбайна

$$b_{уд} = P_{св.у} \cdot K_{сх} \cdot K_{реж}, \text{ мг}/\text{м}^2, \quad (4)$$

$P_{св.у}$  - удельный выход тонкодисперсной пыли в зависимости от петрографических свойств угля в пласте, мг/м<sup>2</sup>;  $K_{сх}$ ,  $K_{реж}$  - соответственно коэффициенты влияния схемы обработки забоя и режима фрезерования на выход пыли.

Блок 5. Определение скорости воздуха для выноса угольной тонкодисперсной пыли от комбайна за пределы расположения оборудования в призабойном пространстве  $V_n$ .

$$V_n = W_{п} \cdot \frac{L}{H}, \text{ м/с, где } W_{п} = \frac{d_{п}^2 \cdot \rho_{п} \cdot g \cdot C}{18 \cdot \eta \cdot \rho_{в}}, \quad (5)$$

$W_{п}$  - скорость осаждения пылинок, м/с;  $L$  - длина опасного участка, м;  $H$  - расстояние от почвы выработки до середины пылевоздушного потока, м;  $d_{п}$  - диаметр тонкодисперсной пылинки угля, м;  $\rho_{п}$  - плотность пылинки, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{в}$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta$  - динамическая вязкость воздуха, Па·с;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $C$  - поправочный коэффициент Кеннингема.

Если  $V_n < 0,8$  м/с, то принимаем  $V_n = 0,8$  м/с.

Блок 6. Определяем расход воздуха из условия выноса тонкодисперсной угольной пыли за пределы оборудования в призабойном пространстве  $Q_{з.обор}$ .

$$Q_{з.обор} = V_n \cdot (S_{св} - S_{обор}), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

$S_{обор}$  - площадь сечения комбайна, м<sup>2</sup>.

Блок 7. Определяем расход воздуха из условия турбулентного движения исходящей метановоздушной смеси по выработке  $Q_{0.выр}$ .

$$Q_{0.выр} = 0,15 \cdot S_{св}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (7)$$

Блок 8. Определяем расход воздуха из условия разбавления выделившегося метана в выработке  $Q_{0.м.выр}$ .

$$Q_{0.м.выр} = \frac{100 \cdot i_{в}}{60 \cdot C}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (8)$$

$C$  - допустимая концентрация метана по ПБ в исходящем потоке из выработки, %.

Блок 9. Рассчитывается вариант 1. Принимается схема компоновки и характеристика вентиляционных труб:  $d_0$  и  $r_0$ .

Блок 10. Определяем аэродинамическое сопротивление воздуховода в зависимости от компоновки воздуховода  $R_{тр}$ .

$$R_{тр} = r_0 \cdot (L_{тр} + 20n_1 \cdot d_0 + 10n_2 \cdot d_0), \quad (9)$$

$L_{тр}$  - линейная длина воздуховода, м;  $r_0$  - удельное аэродинамическое сопротивление 1 м воздуховода, Н·с<sup>2</sup>/м·м<sup>8</sup>;  $n_1$ ,  $n_2$  - соответственно количество поворотов воздуховода на 90° и 45°.

Блок 11. Определяем расход воздуха для разбавления метана при работе комбайна с учётом времени обтекания поверхности забоя  $Q_{з.м}$ .

$$Q_{з.м} = 3,24 \cdot d_0 \cdot R \cdot \sqrt{\frac{i_3 \cdot R}{C_m \cdot (R^2 + d_0^2)}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (10)$$

$$R = 0,564 \cdot \sqrt{S_{чер}}, \text{ м}, \quad (11)$$

$d_0$  - диаметр выходного отверстия вентиляционной трубы, м;  $i_3$  - дебит метана в забое выработки, м<sup>3</sup>/мин;  $C_m$  - допустимая концентрация метана в забое по ПБ, %;  $R$  - приведенный радиус поперечного сечения выработки.

Блок 12. Принимаем для дальнейших расчётов  $Q_3$ , равным большему значению расхода воздуха из рассчитанных  $Q_{з.м}$ ,  $Q_{з.п}$ ,  $Q_{з.обор}$ .

$$Q_3 = \max\{Q_{з.м}, Q_{з.п}, Q_{з.обор}\}, \quad (12)$$

Блок 13. Определяем расход воздуха на выходе из вентиляционной трубы с условием эффективной доставки до забоя  $Q_{0.з}$ .

$$Q_{0.з} = Q_3 \cdot K, \quad (13)$$

$$\text{где } K = \sqrt[3]{\left(\frac{12,1 \cdot l \cdot d_0^4}{Q_3^2}\right)}, \quad (14)$$

$d_0$  - диаметр выходного отверстия трубы;  $l$  - расстояние от выходного отверстия трубы до забоя выработки;  $Q_3$  - объёмный расход воздуха, доставленного до забоя, м<sup>3</sup>/с;  $K$  - коэффициент эффективности доставки свежего воздуха до забоя.

Если  $K \geq 1$ , то необходимо принимать  $Q_{0.3} = Q_3$ .

Блок 14. Расход воздуха на выходе из вентиляционной трубы  $Q_0$  для дальнейших расчётов принимаем максимальным из  $Q_{0.3}$ ,  $Q_{0.выр}$  и  $Q_{0.м.выр}$ .

$$Q_0 = \max\{Q_{0.3}, Q_{0.выр}, Q_{0.м.выр}\}, (15)$$

Блок 15. Определяем расчётный расход воздуха на выходе из вентилятора с учётом утечек в воздуховоде  $Q_{в.р}$ .

$$Q_{в.р} = Q_0 \cdot K_{ут}, \text{ м}^3/\text{с}, (16)$$

$K_{ут}$  - коэффициент утечек воздуха при движении по воздуховоду.

Блок 16. Определяем потери избыточного давления на преодоление трения сопротивления воздуха о внутреннюю поверхность воздуховода  $h_{изб.тр}$ .

$$h_{изб.тр} = R_{тр} \cdot Q_{в.р}^2, \text{ Па}, (17)$$

$R$  - аэродинамическое сопротивление воздуховода,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^8$

$Q_{в.р}$  - расход воздуха, нагнетаемый вентилятором по воздуховоду,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Блок 17. Сравнение полученного результата с возможностями вентиляторов. Если возможно, то следующим выполняется блок 19.

Блок 18. Рассчитывается следующий вариант. Принимается схема компоновки и характеристика вентиляционных труб:  $d_0$  и  $r_0$ . Следующим выполняется блок 10.

Блок 19. Определяем потери динамического давления в воздуховоде

$$h_{д.тр} = \frac{8 \cdot \rho_{т.р} \cdot Q_{в.р}^2 \cdot L_{тр}}{9,86 \cdot d_{тр}^5 \left[ 2,73 + 1,8 \cdot \lg \frac{\frac{Q_{в.р}}{\pi \cdot d_{тр} \cdot v_v}}{56 + \frac{4 \cdot Q_{в.р} \cdot \Delta_{тр}}{\pi \cdot d_{тр}^2 \cdot v_v}} \right]^2} + \frac{\rho_{тр} \cdot V_0^2}{2}, \text{ Па}, (18)$$

$\rho_{т.р}$  - плотность воздуха в трубопроводе,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $L_{тр}$  - длина вентиляционного трубопровода, м;  $d_{тр}$  - диаметр вентиляционной трубы, м;  $v_v$  - кинематический коэффициент вязкости воздуха,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\Delta_{тр}$  - шероховатость внутренней поверхности трубы, м;  $Q_{в.р}$  - расход воздуха в трубопроводе,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $V_0$  - скорость струи воздуха при истечении из выходного отверстия воздуховода, м/с.

Блок 20. Определяем потери давления на преодоление аэродинамического сопротивления трения в выработке при выдаче исходящего потока от призабойного пространства за пределы выработки  $h_{выр}$ .

$$h_{выр} = \alpha \cdot \frac{P_{выр} \cdot L_{выр}}{S_{св}^2} \cdot Q_0^2, (19)$$

$\alpha$  - коэффициент аэродинамического сопротивления трения в выработке,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;  $L_{выр}$  - длина тупиковой части выработки, м;  $S_{св}$  - площадь поперечного сечения воздуховода,  $\text{м}^2$ ,  $P_{выр}$  - периметр воздуховода, м.

Блок 21. Определяем повышение давления в призабойном пространстве при установке проходческого комбайна  $h_{пр}$ .

$$h_{пр} = h_{выр} \cdot \frac{S_{св}}{S_{св} - S_{обор}}, \text{ Па}, (20)$$

Блок 22. Определяем расчётное суммарное давление вентилятора для преодоления потерь при перемещении свежего воздуха и аэрогазопылевых потоков в системе вентиляции тупиковой выработки  $h_v$ .

$$h_v = h_{д.тр} + h_{изб.тр} + h_{выр} + h_{пр}, (21)$$

Блок 23. Анализ аэродинамической характеристики вентилятора. Если вентиляторы не подходят, следующим выполняется блок 18. Если подходит, то блок 4.

Блок 24. Для определения рабочей точки вентилятора увеличиваем расход воздуха на выходе вентилятора  $Q_0 + \Delta Q$ .

Блок 25. Расчёт нужно повторять? Если да, то расчёт повторяется с блока 15. Если нет, продолжение расчёта блока 6.

Блок 26. Определяем на аэродинамической характеристике вентилятора рабочую точку и значения  $Q_v$  и  $h_v$ .

Блок 27. Определяем расход воздуха в выработке в месте установки вентилятора  $Q_{\text{выр}} = 1,43 \cdot Q_{\text{в}}, \text{ м}^3/\text{с}$ . (22)

Блок 28. Расчёт закончен.

Разработанная и апробированная методика позволяет перейти на новый уровень проектирования проветривания тупиковых горных выработок. При этом мы переходим к развиваемому системному проектированию [7-8], который позволяет учесть в единой расчётной системе как горно-геологические, так и горнотехнические факторы. Это повышает безопасность ведения горных работ и их эффективность.

Основной задачей исследования заключается в необходимости разработки-дополнения научно обоснованных методов расчета количества воздуха для проветривания забоя и призабойного пространства. Расчетное определение количества воздуха, подаваемого для проветривания тупиковой выработки, не является достаточным условием обеспечения безопасности средствами вентиляции.

Действующее «Руководство...» [5] при расчете расхода воздуха вентилятора местного проветривания, не учитывает расходы воздуха для разбавления угольной пыли и выноса пыли за пределы потенциально опасной зоны. Это повышает риск воспламенения горючих смесей, так расход воздуха считается на определённую скорость подвигания забоя. Но скорость может изменяться в широких пределах. При этом интенсивность выделения метана и образование аэрозолей пыли будет превышать проектные значения концентраций, что может в значительной степени влиять на безопасность ведения работ.

#### Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» // Сайт Гарант <http://ivo.garant.ru/#/document/70565028/paragraph/1/doclist/2832> (дата обращения 26.04.2021)
2. Клебанов Ф.С. Воздух в шахте. М.: - 2015. - 133 с.
3. Рубан А.Д., Щадов М.И. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов. М.: - 2011. - 504 с.
4. Костеренко В.Н., Смирнов О.В., Копылов К.Н., Кулик А.И., Горин Ю.А, Тимченко А.Н. Требования промышленной безопасности по вентиляции угольных шахт. М.: - 2014. - 544 с.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. 1989
6. ГОСТ 31438.2-2011 (EN 1127-1:2007). Взрывоопасные среды. Взрывозащита и предотвращение взрыва.
7. Кобылкин С.С. Системное проектирование вентиляции горных предприятий. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2015. - № S1. - С. 150-156.
8. Каледина Н.О., Кобылкин С.С. О выборе способа проветривания тупиковых горных выработок газообильных угольных шахт // Горный журнал. 2014. № 12. С. 99-104.
9. Каледина Н.О., Кобылкин С.С. Системное проектирование вентиляции шахт на основе объемного моделирования аэрогазодинамических систем // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № S1. С. 282-293.

## УПРОЧНЕНИЕ ПОРОД ПОЧВЫ С УЧЕТОМ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ

ДЕМИН В.Ф.<sup>1</sup>, АБДРАХМАН Е.А.<sup>1</sup>, ДЕМИНА Т.В.<sup>2</sup>, КОЧНЕВА Л.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

<sup>2</sup>Уральский государственный горный университет

**Аннотация.** Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве для оценки состояния породного массива вокруг горных выработок.

Разработана технология крепления приконтурных пород почвы с учетом состояния горного массива вокруг выработки и определены параметры эксплуатации анкерной крепи на шахтах для закрепления штанг в выработках в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

## WORKHARDENING OF BREEDS OF SOIL TAKING INTO ACCOUNT THE TENSELY DEFORMED STATE OF MOUNTAIN RANGE ROUND MAKING

DEMIN V.F.<sup>1</sup>, ZHUMABEKOV M.N.<sup>1</sup>, DEMINA T.V.<sup>2</sup>, KOTCHNEVA L.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karaganda state technical university, Kazakhstan

<sup>2</sup>Ural state mountain university

**Annotation.** The mechanism of deformation, moving and bringing down of breeds, is investigational in the structurally broken heterogeneous mountain range for the estimation of the state of pedigree array round the mountain making. Technology of fastening of приконтурных breeds of soil is worked out taking into account the state of mountain range round making and the parameters of exploitation of the roof bolting are certain on mines for fixing of barbells in making for providing of safety of conduct of mountain works.

**Keywords:** the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Пучение проявляется при поддержании горных выработок в условиях залегания слабых и прочных пород на участках глинистых, суглинистых, песчано-глинистых отложений и органосодержащих пород и грунтов, склонных к пучению, при проходке или в процессе эксплуатации.

При разработке угольных месторождений довольно часто встречаются деформации пород почвы в виде выдавливания их внутрь выработок. Пучение обычно наиболее интенсивно проявляется в подготовительных выработках. Вследствие особенностей генезиса угольных месторождений непосредственная почва пластов, как правило, сложена более слабыми по сравнению с остальными породами-разностями. Кроме того, в них развиты зоны сдвига, вызванные разной степенью уплотнения пород и последующими тектоническими процессами.

Пучение пород почвы усложняет ведение горных работ, опыт показывает, что уже при достижении в выработках величин пучения более 300 - 350 мм необходимо применение технологических мер борьбы с ним.

Интенсивность и абсолютная величина перемещений при пучении связаны с горно-геологическими и производственными факторами.



Анализ позволяет выделить два основных типа пучения пород при прохождении горных выработок: пучение глинистых пород вследствие их набухания, связанного со специфическими особенностями минералогического и коллоидно-химического состава глинистых грунтов и как проявление горного давления в связи с проведением горных выработок.

В условиях средних глубин разработки (600–700 м) пучение почвы выработки проявляется в слабых вмещающих породах. Механизм этого явления представляет собой процесс выдавливания слабых глинистых пород почвы в полость выработки. В условиях средних и больших глубин разработки (более 700–1000 м) пучение почвы наблюдается в выработках, почва которых сложена песчаными сланцами и даже песчаниками. При этом механизм этого явления представляется как результат складкообразования породных слоев почвы при их смещении в плоскости напластования за счет формирования зоны разрушенных пород в окрестности выработок.

Так как процесс пучения для разных условий отличен, в том числе и на разных этапах существования выработок, то существует множество способов борьбы с этим явлением практически для всех условий. Эффективность каждого способа прямо зависит от затратности при его реализации и часто применение эффективных способов в определенных условиях становится экономически невыгодным по сравнению с проведением подрывок пород почвы выработки.

Анализ известных результатов натурных наблюдений за смещениями пород в выработках до и после проведения в них подрывки показывает, что она приводит к увеличению интенсивности процесса деформирования пород на контуре выработок [1, 2]. При этом наиболее существенное влияние она оказывает на смещения пород почвы, увеличивая их скорость более чем в семь раз относительно средних скоростей в периоды, предшествующие подрывке. Поэтому за время существования выработки проводится несколько подрывок почвы.

Активизация смещений пород на контуре выработки после подрывки свидетельствует о том, что в результате ремонтных работ нарушается равновесное состояние системы «крепь–зона разрушенных пород окружающий породный массив». При этом уборка породы при подрывке снижает пассивный отпор на почву всего на 50 – 60 кН на 1 м выработки. Но этого оказывается достаточно для изменения состояния системы. Следовательно, для обеспечения устойчивого состояния почвы выработки после подрывки и предотвращения повторного выдавливания пород почвы необходимо компенсировать отпор извлекаемых пород сравнительно небольшими усилиями на почву выработки.

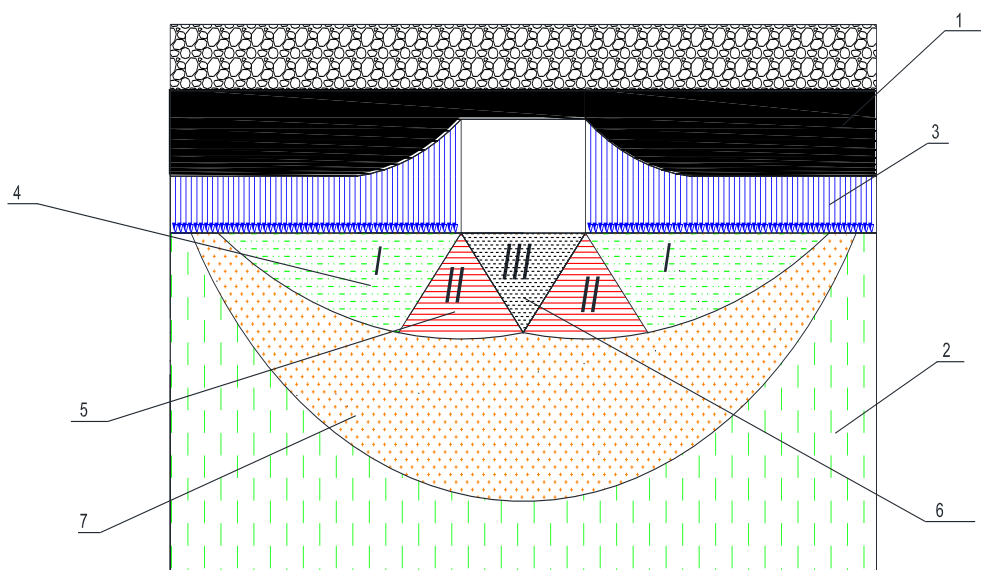
Данное предположение подтверждается результатами лабораторных исследований на структурных моделях, которые проводились с целью экспериментальной проверки влияния механического отпора выдавливанию пород почвы горных выработок на величину поднятия почвы [3]. Было установлено, что с увеличением отпора, прикладываемого к почве выработки, уменьшается величина ее смещений, причем значение механического отпора на три порядка меньше сил, действующих по периметру зоны разрушенных пород. По результатам опытно–промышленной проверки способа механического отпора выдавливанию почвы выработки в условиях подготовительных выработок шахты «Южнодонбасская» № 3 было установлено, что наличие средств отпора положительно влияет на состояние почвы выработки [3-4]. На участке, где находился состав энергопоезда и дополнительно были установлены металлические канаты по ширине выработки между ножками крепи и, таким образом, на почву выработки обеспечивалась рассредоточенная нагрузка 0,03 МПа, величина выдавливания почвы выработки на 57 % была меньше по сравнению с участком, где не было средств противодействия этому процессу.

Стоит также отметить, что средства механического отпора устанавливались не в месте проведения подрывки и поэтому, для установления влияния величины отпора на смещения пород почвы после подрывки, необходимо проведение дополнительных шахтных исследований, а также необходимо активизировать поиск технических вариантов реализации

мероприятий по механическому отпору, которые будут одновременно малозатратными и эффективными.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что: применение средств механического отпора выдавливанию пород почвы выработок эффективно влияет на состояние почвы выработки; с увеличением уровня силового воздействия на почву выработки уменьшается величина ее смещений; для обеспечения устойчивого состояния почвы выработки после подрывки необходимо компенсировать отпор извлекаемых пород сравнительно небольшими усилиями на почву выработки; необходимо активизировать поиск новых технологических решений в плане применения рассредоточенной нагрузки для повышения эффекта противодействия выдавливанию пород почвы после проведения их подрывки.

На рисунке 1 показано расположение зон деформаций в почве выработки, сложенной слабыми горными породами[5-6].



- 1 – уголь; 2 – слабые горные породы; 3 – зона деформаций в почве;  
4 – зона активного состояния пород; 5 – промежуточная зона с линиями скольжения;  
6 – зона пассивного отпора; 7 – зона упругих деформаций

Рисунок 1 – Расположение зон деформаций в почве выработки, сложенной слабыми горными породами

Интенсивность и абсолютная величина перемещений пород при пучении связаны с большим количеством горно-геологических и производственных факторов. Уменьшение величины пучения почвы в горных выработках может быть достигнуто за счет создания в боках выработки зон пониженных напряжений. Эти зоны могут быть образованы вследствие изменения структуры пород кровли путем ее анкерования сталеполлимерной анкерной крепью повышенной несущей способности, устанавливаемой по предлагаемой схеме, при этом увеличивается площадь опоры кровли на бока выработки, т.е. уменьшается удельное давление на почву и зона максимума опорного давления отодвигается от краевой части массива. Величина этого перемещения зависит от длины, угла наклона и плотности установки анкеров.

При разработке угольных месторождений довольно часто встречается деформация пород в виде выдавливания их внутрь выработки - пучение. Обычно пучение наиболее интенсивно проявляется со стороны почвы угольного пласта подготовительных выработок. Однако с ростом глубины разработки процессы пучения стали проявляться и при ведении очистных работ.

Интенсивность и абсолютная величина перемещений при пучении связаны с большим

количеством горно-геологических и производственных факторов.

В пластовых подготовительных выработках при залегании в почве пластов слоистых аргиллитов и алевролитов процессы разрушения пород почвы и пучения включают стадии: расслоения по поверхности напластования без разлома расслоившихся пород (рисунок 2,а); разлома расслоившихся пород под выработкой на блоки в форме многос шарнирных арок (рисунок 2,б); разрушение пород почвы под боками выработки с выдавливанием их в выработку (рисунок 2,в); рисунок 2, г - анкерование контуров выработки сталеполимерной анкерной крепью.

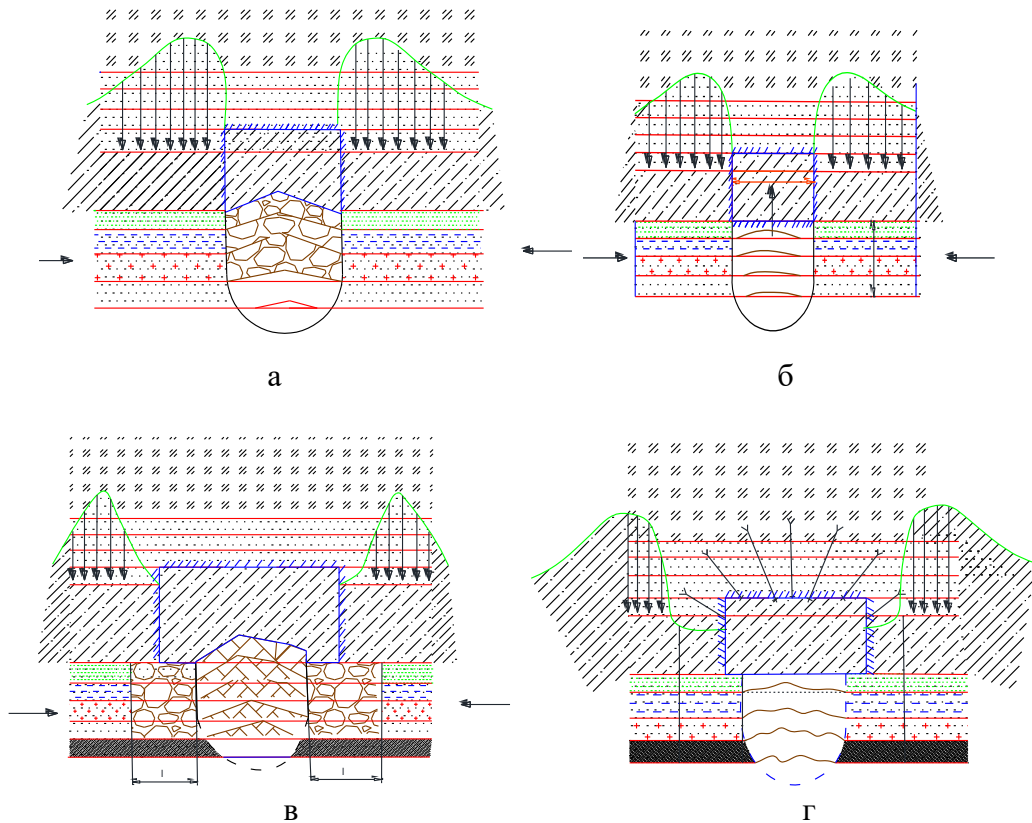


Рисунок 2 – Стадии пучения в горных выработках

На рисунке 3 предложена эффективная схема крепления пород почвы из контура выработки, которая позволяет бурить шпуров буровыми установками, выдавать буровую мелочь из шпура; располагать анкера в зоне опорного давления вокруг выработки со смещением (отодвиганием) пика давления вглубь массива.

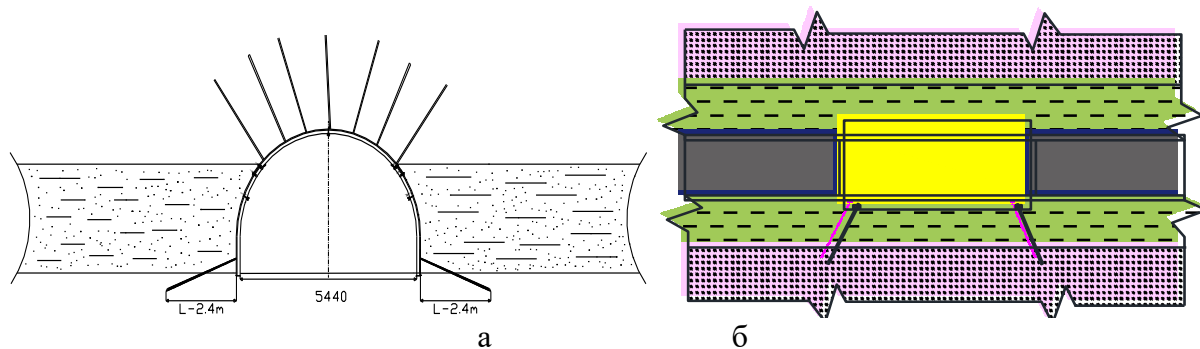
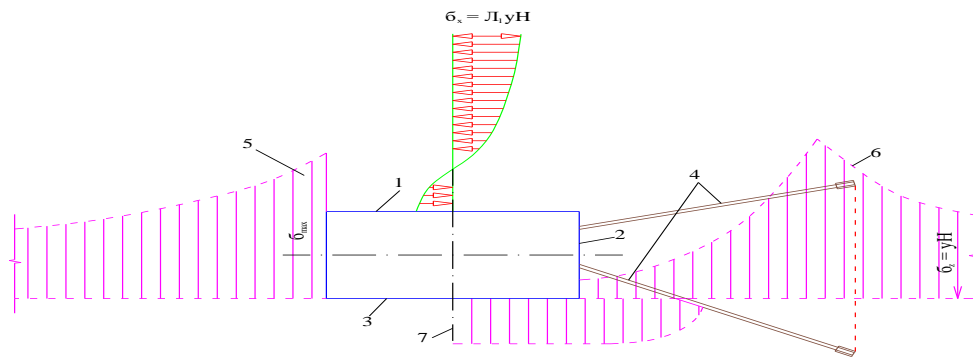
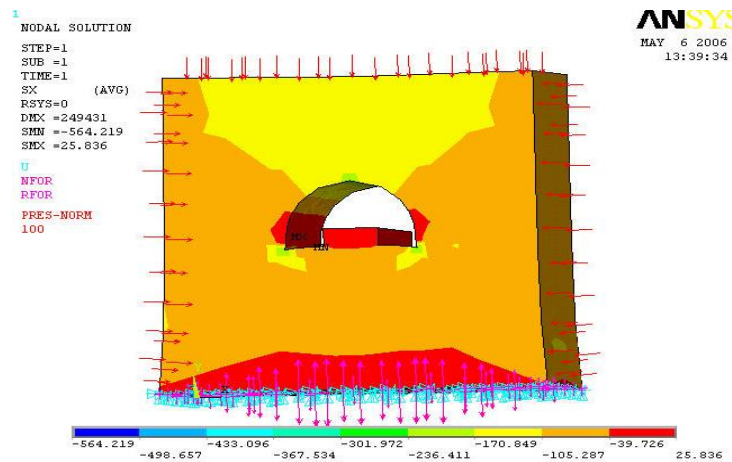


Рисунок 3 – Эффективная схема крепления пород почвы из контура выработки для снижения их поддутия, лист 1



1, 2 и 3 - кровля, бока и почва выработки; 4 - закрепляющие шпур (глубокого заложения); 5 и 6 - концентрация напряжений без и с креплением закрепляющими анкерами; 7 - область пониженных напряжений

В



Г

а и б—соответственно при арочном и прямоугольном анкером их шпура схеме крепления почвы выработки; в—технология воздействия на массив; г— напряжения в почве выработки, рассчитанные в программе ANSYS

Рисунок 3, лист 2

На рисунках 4 и 5 показана технология крепления пород почвы анкерами, устанавливаемыми в бока выработки. Пробуренный шпур при этом от устья выполнен большего диаметра и не заполняется закрепляющим составом для разгрузки боковых пород в этой зоне, а затем по длине шпура стандартный диаметр (28 мм) и заполнен закрепляющим составом.

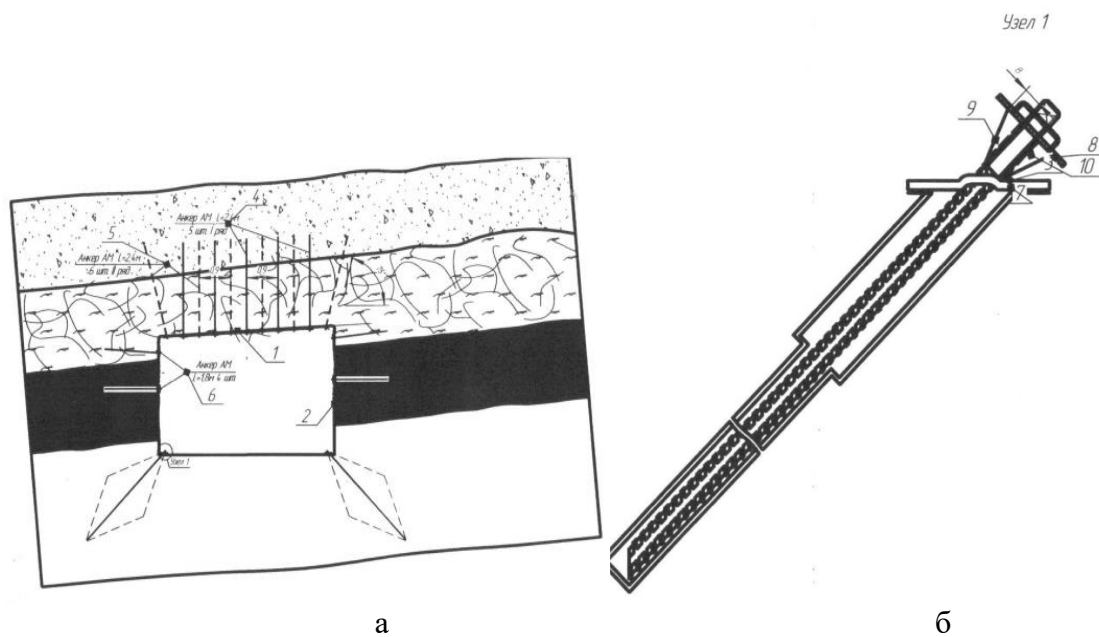


Рисунок 4 – Технология установки (а) и конструкция шпура (б)

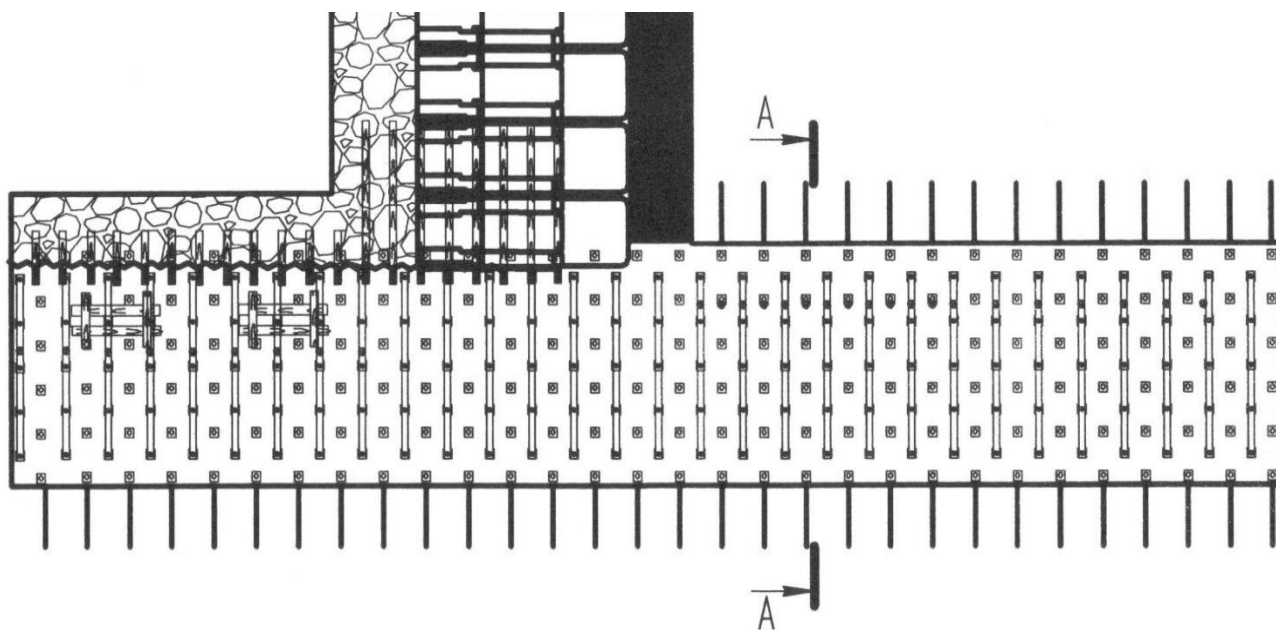


Рисунок 5 – Технология крепления пород почвы анкерами, устанавливаемыми в бока выработки (профиль выработки)

На рисунке 6 показана прогнозная величина пучения пород почвы ( $\Pi_n$ ) выработки в зависимости от соотношения длины анкеров ( $L_a$ ) и ширины выработки ( $B_0$ ).

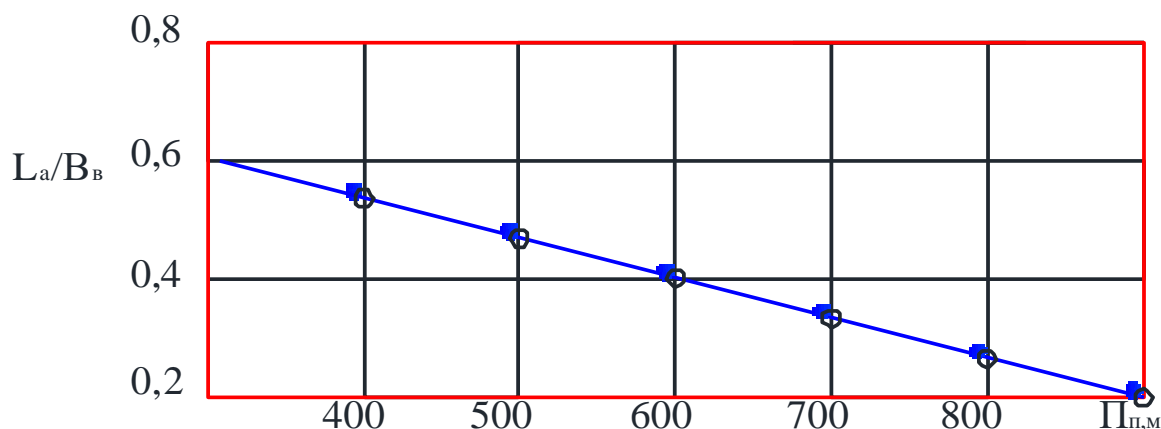


Рисунок 6 – Прогнозная величина пучения пород почвы ( $\Pi_n$ ) выработки в зависимости от соотношения длины анкеров ( $L_a$ ) и ширины выработки ( $B_в$ )

#### *Выводы по проведенным экспериментальным исследованиям*

Большой смысл и эффект от установки законтурных анкеров в почву выработки достигается на антиклинальных участках выработок и с прочными породами почвы или на всю мощность неустойчивых ослабленных пород почвы для отсекания воздействия пород в окрестности выработки на непосредственно припочвенные слои. С целью получения большего эффекта производить установку напочвенных анкеров с обеих сторон выработки совместно с анкерированием боков выработки.

Проведенные исследования позволили определить степень влияния горно-технических условий разработки на смещения в приконтурных породах при различных видах крепи в выемочных выработках. Выявленные закономерности деформаций могут быть использованы при расчетах проявлений горного давления при проведении выработок при различных горнотехнических условиях эксплуатации.

#### **Библиографический список**

1. Pivnyak G. Bondarenko V. Kovalevska I. Mining of Mineral Deposits. A Balkema Book. CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group an informa business. London. – 371 s.
2. Демин В.Ф., Баймульдин М.М., Демина Т.В. Повышение устойчивости выработок угольных пластов (монография). Издательство LAP LAMBERT Academic Publishing is
3. Демин В.Ф., Демина Т.В., Яворский В.В. и др. Эффективность использования геомеханической системы «горный массив-анкерное крепление» для повышения устойчивости горных выработок (статья). Уголь, № 2, 2014. —С. 18-22.
4. Демин В.Ф., Алиев С.Б., Демина Т.В. и др. Смещения контуров подготовительных выработок при геомеханических процессах (статья). ООО «Редакция журнала «Уголь», № 4, 2013. – С. 69-72.
5. Демин В.Ф., Журов В.В., Демина Т.В. Геомеханика при креплении горных выработок/ LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of AV Akademikerverlag GmbH& Co. KG, Germany. – 189с.
6. Бобылев Ю.Г., Демин В.Ф., Коршунов Г.И. и др. Крепление горных выработок угольных шахт анкерной и комбинированной крепью. Санкт-Петербург, Международная академия наук экологии, безопасности человека и природы.. 2009. -176с.

## ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОД КРОВЛИ ВОКРУГ ВЫРАБОТКИ

ДЕМИН В.Ф.<sup>1</sup>, ДЕМИНА Т.В.<sup>2</sup>, БАТАНИН Ф.К.<sup>2</sup>, ТЕТЕРЕВ Н.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

<sup>2</sup>Уральский государственный горный университет

**Аннотация.** Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве для оценки состояния породного массива вокруг горных выработок.

Разработана технология крепления приконтурных пород с учетом состояния горного массива вокруг выработки в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

## TECHNOLOGY OF FASTENING OF UNSTEADY BREEDS OF ROOF ROUND MAKING

DEMINS V.F.<sup>1</sup>, DEMINA T.V.<sup>2</sup>, BATANIN F.K.<sup>2</sup>, TETEREV N.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Karaganda state technical university, Kazakhstan

<sup>2</sup> Ural state mountain university

**Annotation.** The mechanism of deformation, moving and bringing down of breeds, is investigation in the structurally broken heterogeneous mountain range for the estimation of the state of pedigree array round the mountain making.

Technology of fastening of приконтурных breeds is worked out taking into account the state of mountain range round making for providing of safety of conduct of mountain works.

**Keywords:** the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Как показал мировой опыт передовых угледобывающих стран (США, Австралия, Германия и др.), эффективное и надежное крепление капитальных и подготовительных выработок может быть обеспечено при использовании сталеполлимерных анкеров с несущей способностью 200 - 250 кН. Анализ опыта применения сталеполлимерных анкеров на шахтах показывает, что, несмотря на достигнутые успехи, анкерная крепь в соответствии с существующими нормативными документами продолжает использоваться как вспомогательная с усилением ее в зоне опорного давления металлической рамной крепью. Существующие методики определения параметров анкерной крепи базируются на том, что закрепление ею выработок осуществляется путем «подвески» сравнительно слабых слоев к мощному слою, который находится на расстоянии 2 - 4 и более метров от кровли выработки, при этом в сечении выработки до 20 м<sup>2</sup>, устанавливается до 25 - 30 анкеров.

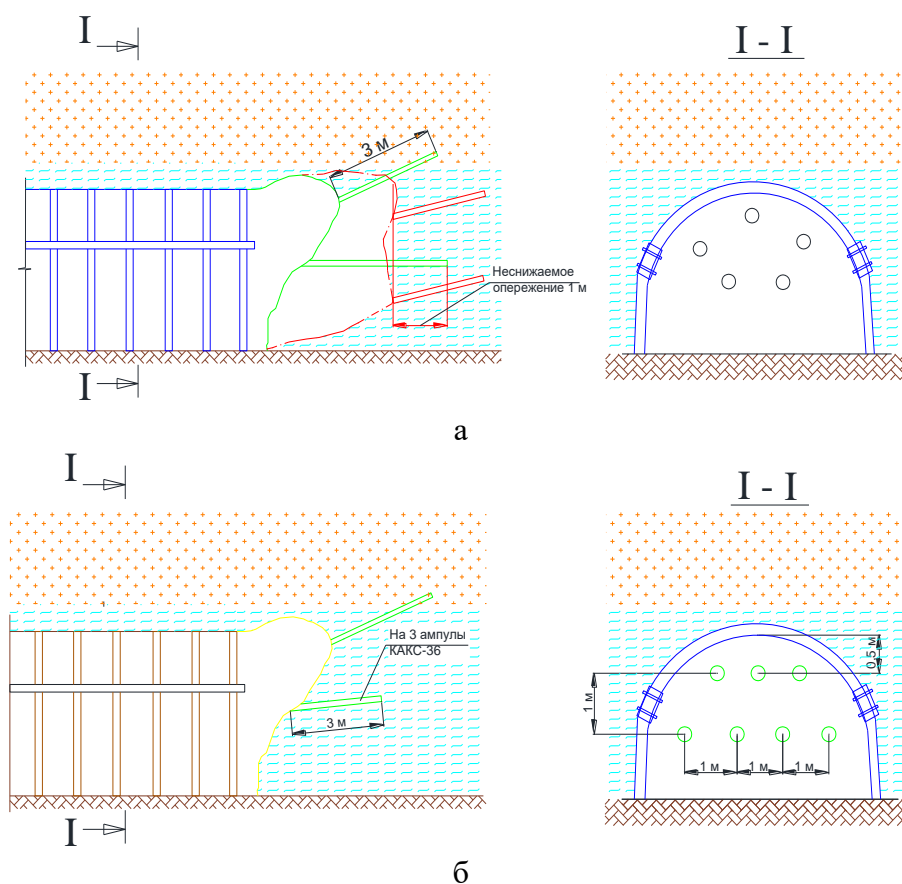
Несмотря на научно-технический прогресс, задача поддержания выработок при применении бесцеликовой технологии на шахтах полностью не решена. Это связано преимущественно с тем, что применяемый в настоящее время способ поддержания выемочных выработок рамными металлическими арочными и трапециевидными крепями со стойками усиления является весьма трудоемким и металлоемким. Однако в условиях, когда в кровле угольных пластов залегают слоистые трещиноватые породы мощностью более 3 - 4

метров, а в основной» кровле - труднообрушаемые породы, не обеспечивается безремонтное состояние выработок в течение всего срока службы выработки.

Поэтому одним из актуальных направлений в угольной отрасли горнодобывающей промышленности является реализация технологических схем крепления выемочных выработок в зонах повышенных смещений вмещающих пород с учетом техногенного состояния приконтурного массива.

Предлагается устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах

Относится к области горной промышленности и может быть использовано при разработке пластовых месторождений полезных ископаемых при проведении горных выработок для закрепления массива вмещающих пород с помощью анкерного крепления, исключая куполообразование, повышения безопасности ведения горных работ при бурении анкерного крепления – рисунок 1.



а–при контурной схеме; б–при рядной схеме укрепления контура неустойчивых пород

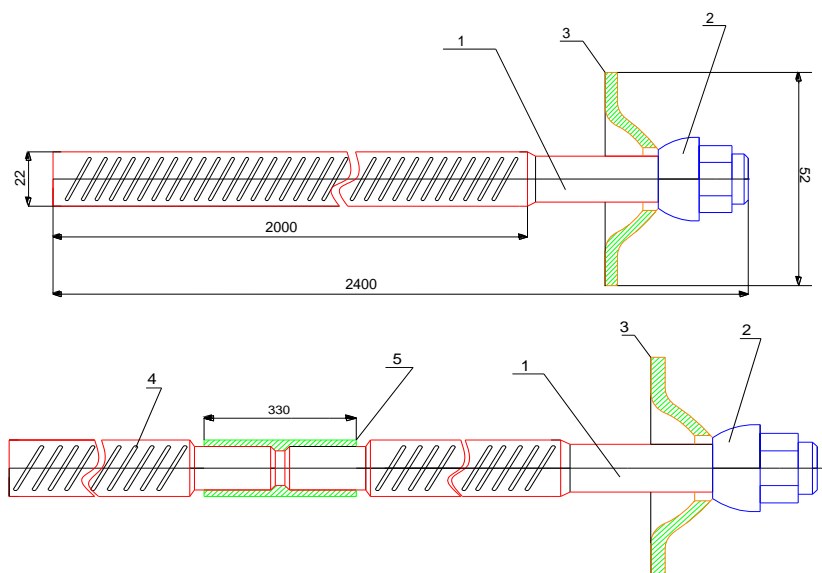
Рисунок 1– Технология крепления забоя выработки при пересечении неустойчивых пород (профиль, сечение)

Применяется анкер, включающий металлический стержень, замковое распорное устройство, подхват и натяжную гайку [1, 2].

Недостатком указанной конструкции анкера является трудоемкость его установки в зонах с неустойчивыми породами кровли.

Наиболее близким к предлагаемому решению является полимерный анкер, включающий пластиковый стержень, опорную плитку и фиксирующую гайку [3, 4] – рисунок 2.





1 – стержень анкера; 2 – гайка; 3 – шайба опорная; 4 – стержень анкера; 5 - муфта

Рисунок 2 – Крепь анкерная: цельная – АПн (а) и составная – АПн-С

Недостатком прототипа является трудоемкость возведения анкерного крепления, а также трудоемкостью возведения рамной крепи.

Задачей применения является – предотвращение куполообразования и создание безопасных условий при креплении забоя выработки.

Наиболее близким к применению видов крепи является сталеполимерный анкер, включающий стержень из арматуры винтового профиля, устанавливаемый в шпур с размещенными в нем ампулами с закрепляющей смесью, опорную демпферную тарельчатую шайбу, закрепляющую гайку полусферическую гайку [5, 6].

Недостатком указанного анкера является то, что сталеполимерный анкер по своему составу не может взаимодействовать с массивом как временная крепь, поддающаяся разубки исполнительным органом комбайна.

Технический результат: предотвращения куполообразования, повышения техники безопасности при установке анкерной и рамной крепи.

Технический результат достигается за счет того что, установленный в шпур устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составной анкер, с быстрым временем схватывания ампул с закрепляющим составом скрепляет породно-угольные слои, предотвращает куполообразования, а также уменьшает газовыделения из трещин кровли.

Рисунок 3,а – технология крепления впереди расположенных пород кровли устройствами крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составными анкерами (профиль выработки); рисунок 3,б – вид 1-1 - крепление устройствами крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составными анкерами (поперечное сечение выработки); рисунок 4,а–общий вид устройства крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составного анкера; рисунок 4,б–узел А-соединительная муфта (в разрезе); рисунок 4,в–сборный узел соединения пластмассовой и стальной частей устройства крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составного анкера с соединительной муфтой;

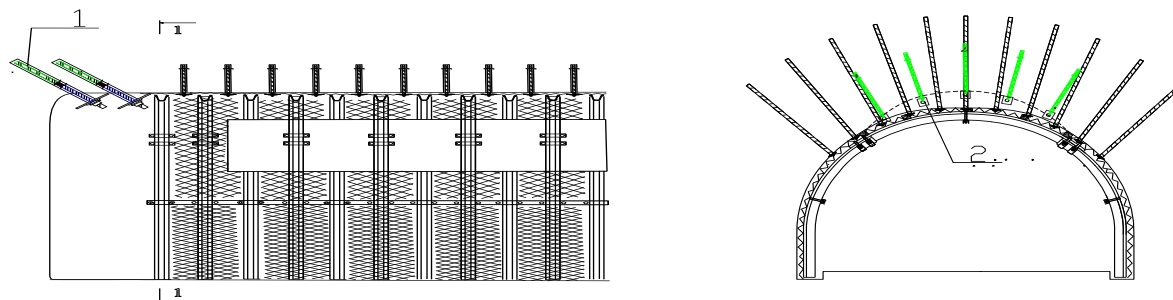
Устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составной анкер

Устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составной анкер включает стержень из металлической арматуры 1 винтового профиля, соединительной муфты 2 и пластикового стержня 3 и устанавливается в шпур с размещенными в нем ампулами с закрепляющей смесью, опорную демпферную тарелку, шайбу и закрепляющую

полусферическую гайку (см. рисунок 4). Отличается устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составной анкер тем, что состоит на треть его длины из пластикового стержня со стороны устья шпура и двух третей длины со стороны забоя шпура – сталеполимерного стержня 1, соединенных муфтой 2.

Установка устройства крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составного анкера (см. рисунок 4), состоящего из стальной арматуры 1, соединительной муфты 2, пластикового стержня анкера 3, осуществляется следующим образом. В пробуренный в горном массиве шпур вводят ампулы с химическим скрепляющим составом (условно не показаны), следом устанавливают устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составной анкер, который монтируется под проектный уровень кровли под углом  $35-45^{\circ}$ , наперед наклоненный для подхватывания неустойчивых пород кровли впереди забоя подготовительной выработки), заполняя трещины неустойчивой кровли, не допуская возможности расслаивания горных пород и куполообразования.

Применение способа крепления устройствами крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составными анкерами с закрепляющими ампулами с быстрым временем схватывания (15-20 сек.) и с пластиковой нижней частью анкера не допускает образования куполообразования, не мешает за продвижением забоя по выемке и отгрузке горной массы, и легко разрушатся проходческим комбайном.



1 – металлическая часть анкера; 2 – наклонный составной комбинированный анкер

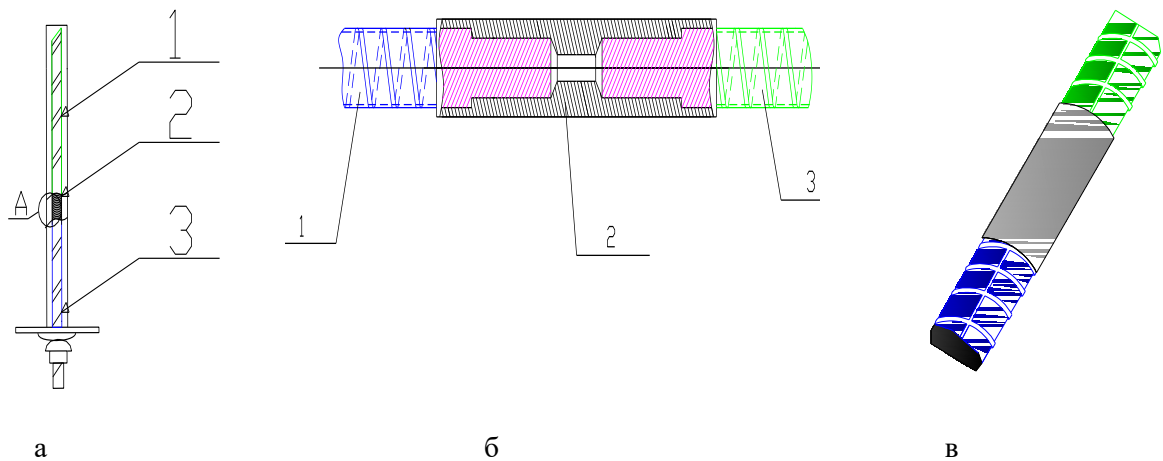
Рисунок 3 – Технология закрепления устройством для крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах

Новизна конструктивной схемы анкера заключается в том, что в составной части из арматуры и пластикового стержня, что позволяет усилить верхние породно-угольные слои кровли, в которой будет работать несущая способность именно верхняя часть сталеполимерного анкера.

Вторая часть анкера состоит из пластикового стержня, которая соединяется вкручиванием по резьбе соединительной муфтой с внутренней резьбой. Далее бурится шпур диаметром 28 мм, наполняется химическими ампулами  $650\text{ мм} \times 2\text{ шт.}$ , со временем твердения 60 сек. и одной ампулой АМК 350 с быстрым временем схватывания 30 сек. (со стороны забоя шпура).

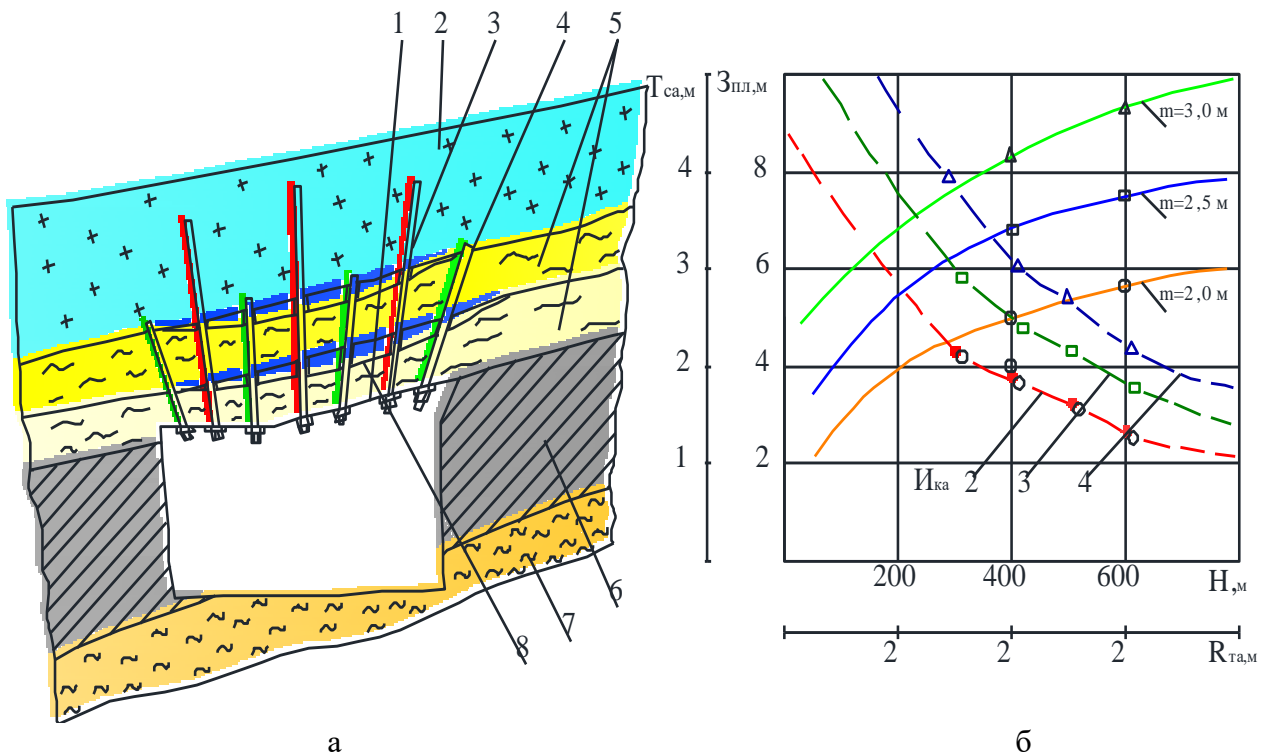
В отличие от составного катанного или сталеполимерного анкера, составной пластиково-сталеполимерного анкер, легко подается зарубке комбайном, не оставляет «торчунов» от анкеров, а верхняя часть анкера укрепляет верхний слой пород кровли.

На рисунке 5 представлено определение зон пластических деформаций в кровле выработки в зависимости от мощности пласта и плотности установки анкеров, а на рисунке 6 – соответственно – глубина анкерирования вмещающих пород за контуром выработки.



а – составной анкер в сборе; б – разрез; в – диметрия; 1 и 3 – верхняя (металлическая) и нижняя (пластмассовая) части составного комбинированного анкера; 2 – соединительная муфта

Рисунок 4 - Соединительная муфта



1 – придание кровли выработки формы, по породам напластования; 2 – породы основной кровли; 3 – анкеры глубокого заложения (с обеспечением необходимой плотности крепления по ширине кровли выработки); 4 – стальные анкеры; 5 – породы непосредственной почвы; 6 – угольный пласт; 7 – породы непосредственной почвы; 8 – расстояние (трещинообразование) в малопрочный и неустойчивых вмещающих породах кровли.

$H$  – глубина работ;  $Z_{пл}$  – зона пластических деформаций, м;  $T_{ср}$  – мощность слоя пород, м;  $R$  – расстояние между тросовыми анкерами, м;  $I_{ка}$  – количество канатных анкеров, шт.

Рисунок 5 – Определение зон пластических деформаций в кровле выработки в зависимости от мощности пласта (а) и плотности установки анкеров в зависимости от глубины ведения работ, величины зоны пластических деформаций, мощности слоя пород, расстояния и количества канатных анкеров (б)

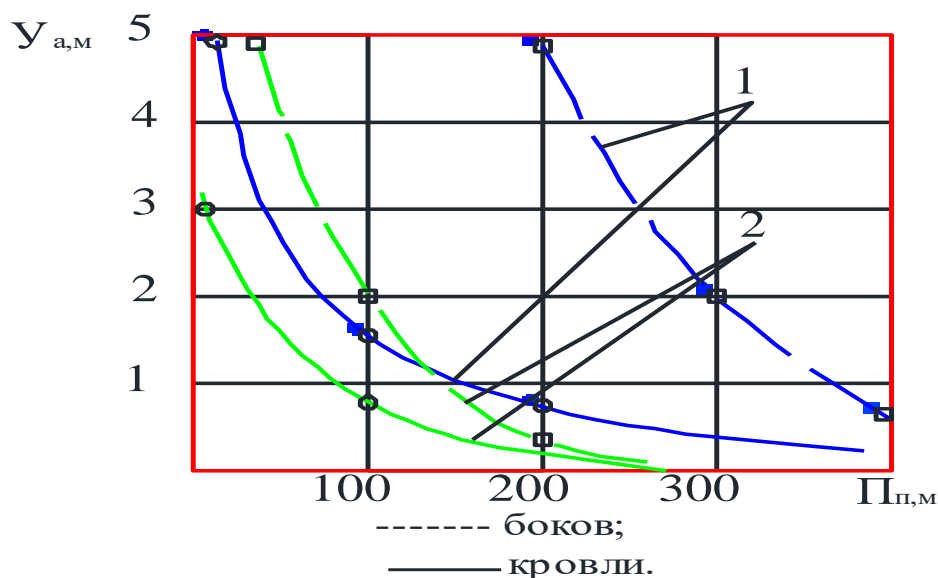


Рисунок 6 – Глубина анкерирования вмещающих пород за контуром выработки

Проведенные исследования носят прикладной характер и их результаты могут использоваться в виде прогрессивных технологических схем проведения горных выработок с применением технологии анкерного крепления.

#### Библиографический список

1. Pivnyak G. Bondarenko V. Kovalevska I. Mining of Mineral Deposits. A Balkema Book. CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group an informa business. London. – 371 s.
2. Демин В.Ф., Бейсембаев К.М., Маусымбаева А.Д., Демина Т.В. и др. Технологические схемы крепления сопряжений выработок, лав с примыкающими выработками, выработок вспомогательного назначения (статья). ООО «Редакция журнала «Уголь», № 7, 2013. - С. 35-39.
3. Демин В.Ф., Демина Т.В., Смагулова А.С. Влияние главных напряжений на устойчивость выработок (статья). Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Издательство «Горная книга», Вып. № 6, 2013. – С. 11-18.
4. Демин В.Ф., Демин В.В., Смагулова А.С. Закономерности влияния главных напряжений на устойчивость выработок в зависимости от горнотехнологических параметров разработки (статья). Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Издательство «Горная книга», Выпуск 7, 2013. – С. 118-125.
5. Dyomin V.F., Vaimuldin M.M., Demina T.V. Research of Character of a Straining of Lateral Mucks round a Mine Working With Anchorage Depending on an Angle of Incidence of a Seam and Depth of Anchoring by Contour / Word Akademy of Science Engineering and Technology/ Issue 74 February 2013 Barcelona- S. 714-717.
6. Демин В.Ф., Валиев Н.Г., Гордеев В.А., Гусманов Ф.Ф. Исследование влияния главных напряжений на устойчивость выработок от горно-геологических параметров эксплуатации (тезисы). II Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии при разработке рудных и нерудных месторождений», Екатеринбург, 2013.- С. 17-23.

## ХАРАКТЕР И ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

ДЕМИН В.Ф.<sup>1</sup>, ДЕМИНА Т.В.<sup>2</sup>, КУЗНЕЦОВ А.М.<sup>2</sup>, ПУРИКОВ Д.Е.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

<sup>2</sup>Уральский государственный горный университет

**Аннотация.** Исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном горном массиве для оценки состояния породного массива вокруг горных выработок.

Разработана технология крепления вмещающих пород с учетом состояния горного массива вокруг выработки в целях обеспечения безопасности ведения горных работ.

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок.

## TECHNOLOGY OF FASTENING OF UNSTEADY BREEDS OF ROOF ROUND MAKING

DEMIN V.F. <sup>1</sup>, DEMINA T.V. <sup>2</sup>, KUSNECSOV A.M.<sup>2</sup>, PURIKOV D.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Karaganda state technical university, Kazakhstan

<sup>2</sup> Ural state mountain university

**Annotation.** The mechanism of deformation, moving and bringing down of breeds, is investigational in the structurally broken heterogeneous mountain range for the estimation of the state of pedigree array round the mountain making.

Technology of fastening of приконтурных breeds is worked out taking into account the state of mountain range round making for providing of safety of conduct of mountain works.

**Keywords:** the stress-strain state of the technology, the marginal rock mass, fixing mine workings.

Добыча полезных ископаемых связана неразрывно с увеличением глубины разработки. В свою очередь, с ростом глубины разработки существенно возрастает горное давление, изменяются физические свойства породной среды, увеличиваются геологические нарушения разрабатываемых месторождений. При ведении горных работ происходит перераспределение начальных напряжений, что приводит к разрушению массива горных пород и изменению его пространственной структуры. Наиболее тяжелые проявления повышенного горного давления в подземных горных выработках шахт обусловлены большими деформациями массива горных пород. По этим причинам, разработка эффективных и менее затратных способов обеспечения устойчивости подземных горных выработок и параметров крепи при условии больших статических смещений в различных горно-геологических и горнотехнических условиях эксплуатации является наиболее актуальной научно-технической задачей.

В результате подвигания очистного забоя происходят различного вида деформации пород кровли. Форма и размеры обрушающихся пород определяют дискретно-динамическую составляющую проявлений горного давления, как в самом очистном забое, так и в подготовительных выработках расположенных в непосредственной близости с выработанным пространством. Конкретные параметры обрушенных блоков пород, условия их излома и амплитуды смещений определяются структурой слоистой кровли, размерами и формой обнажений.

Горные породы под действием сил земного притяжения находятся в напряженном сжатом состоянии, которое до проведения выработок является равновесным и устойчивым. Образованные в результате ведения горных работ пустоты, нарушают это равновесие. В окружающем выработку массиве, возникают различного вида напряжения – неуравновешенные силы, которые называют горным давлением. Горное давление может проявляться в виде прогиба, растрескивания и обрушения горных пород, вывала горной массы с бортов выработок, пучения почвы выработок, горных ударов .

Горное давление зависит от глубины заложения выработки, физико-механических свойств пород в массиве (крепости, обрушаемости, управляемости, трещиноватости и т.д.), угла залегания и мощности пластов, способов выемки угля, размеров сечения выработки, механической характеристики крепи и других параметров. Безопасность и эффективность ведения горных работ в большей степени зависят от проявления горного давления и умения управлять им.

Существенными факторами, для обеспечения устойчивости пород, являются прочность и монолитность. При проведении подготовительных выработок в прочных монолитных породах существенного проявления горного давления возможно избежать. Обеспечение устойчивости, возможно, некоторыми простейшими методами: способом проходки (проходка комбайном, гладкое взрывание), проведение выработки соответствующей формы, а также с применением торкретирования.

При проходке подготовительных выработок в слабых породах, которые лишены сил сцепления (рыхлые породы, пливуны, водоносные пески), сразу же увеличивается давление на крепь. Для решения этой проблемы нередко требуются специальные методы проходки, которые могут предотвратить обрушение пород и затопление выработок.

Рост давления пород на крепь выработок развивается постепенно, впоследствии, по истечению некоторого времени давление, в большинстве случаев, стабилизируется. Однако такое стабильно и равновесное состояние выработки может нарушаться ведением горных работ. Под влиянием ведения очистных работ горное давление усиливается в форме деформаций и смещений со стороны кровли, боков и почвы выработки. Впоследствии эти влияния могут привести к серьезным нарушениям конструкции крепи и необходимости ее перекрепления [1].

Существенное влияние на проявления горного давления оказывает угол падения пластов. В выработках, расположенных по простиранию (штреках), перемещение пород и давление развиваются преимущественно в направлении, перпендикулярном плоскости пласта, вследствие чего при крутом падении наблюдается развитие одностороннего бокового давления на крепь, при пологом падении давление наблюдается преимущественно сверху.

Проявления горного давления зависят от глубины заложения выработок. По мере увеличения глубины пропорционально растут гравитационные напряжения и уже на глубине 1000-1200 м достигают в нетронутом массиве 250-300 кгс/см<sup>2</sup> и более. Под влиянием таких напряжений некоторые породы заметно проявляют реологические свойства. Проявления горного давления наблюдаются в форме выдавливания пород из почвы выработок, сжатие со стороны боков и др. Хрупкие породы в условиях высоких напряжений могут разрушаться в форме «стреляния», горных ударов, внезапных выбросов.

Таким образом, проявления горного давления в виде смещения боковых пород и нагрузки на крепь выработки, зависят от производственных и местных природных факторов, учесть которые теоретически не представляется возможным. В этих сложных условиях, при разработке методов прогноза проявления горного давления, применяются упрощенные схемы, породы принимаются однородными, изотропными, не рассматриваются такие свойства пород, как трещиноватость, угол падения пород, слоистость и пр.

Горная выработка испытывает горное давление в виде изменений полей напряжений, но область неупругих деформаций может и не существовать, поэтому крепь не нужна. Если же крепь установить, то никакой нагрузки она не испытает, хотя горное давление и имеется [2, 3].

Вместе с тем любая конструкция крепи может испытывать нагрузку только в соответствии со степенью ее жесткости. Податливую крепь можно конструктивно выполнить так, что она будет воспринимать только определенную нагрузку. Другими словами, нагрузка на крепь зависит не только от образования области неупругих деформаций, то есть от проявления горного давления, но и от самой ее конструкции. Поэтому горное давление и нагрузка на крепь являются различными по своему существу понятиями.

При обнажении горных пород в выработках, их перемещения за счет разрядки напряжений обычно происходят спокойно, и если при этом порода разрушается, то получается просто соответствующий вывал.

В некоторых случаях при разработке угольных пластов, происходит выдавливание угля, что называется отжимом угля.

При определенных условиях порода или полезное ископаемое могут быть столь сильно напряжены, что при разрядке напряжений происходит крайне интенсивное их разрушение и перемещение, сопровождаемое в ряде случаев отделением части породы от массива с исключительно большей силой и скоростью, вроде взрыва. Эти явления называются динамическими.

В угольных пластах указанное явление еще усложняется тем, что в их порах часто содержится также под большим давлением газ – метан. За счет этого при разрушении пласта интенсивность отделения угля бывает значительно большей.

Прохождение подготовительной выработки в массиве горных пород, вызывает изменение его напряженного состояния. Изменение напряженного состояния вызвано рядом факторов: упругими постоянными пород, формой разреза, граничными условиями и пр. Образовавшиеся поля напряжений действуют на массив пород, вызывая в нем различные деформации. Деформации контуров подготовительных выработок происходит под действием некоторых сил, которые принято называть опорным давлением.

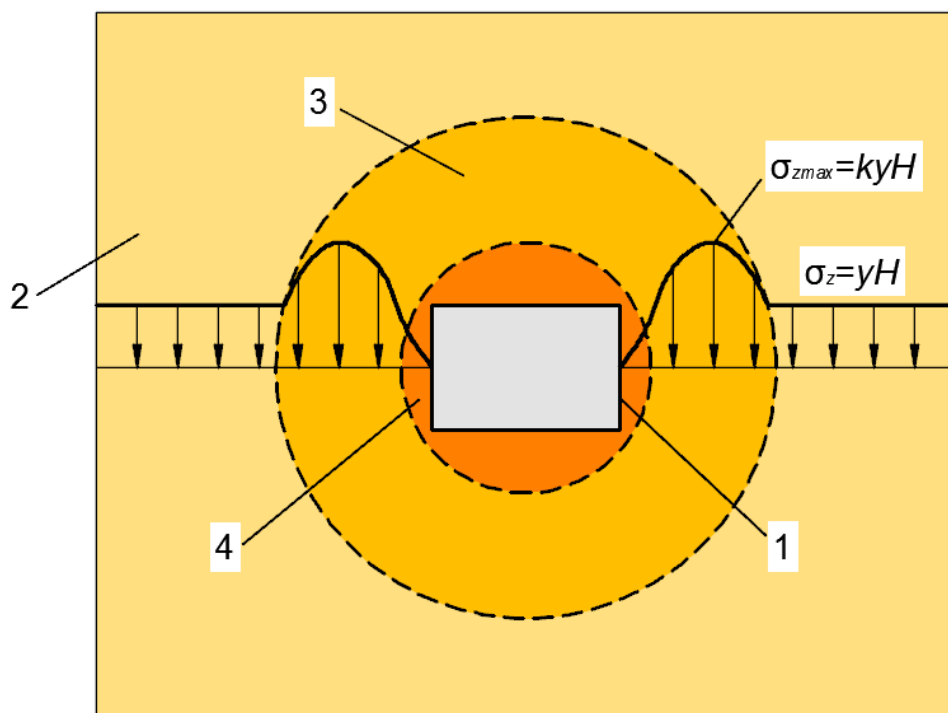
На угольных месторождениях породы располагаются в непосредственной близости от пройденной выработки. Данные породы ослаблены в связи с их повышенной трещиноватостью и проявлением пластических деформаций. В результате вокруг выработки образуются неупругие деформации, в которых напряжения перераспределяются, и зона напряжений отодвигается в толщу пород.

На рисунке 1 показан массив пород окружающую подготовительную выработку, в котором формируется зона пониженных напряжений, за которой непосредственно располагается область повышенных напряжений - зона опорного давления.

Опорное давление возникает за счет веса вышележащих пород  $\gamma H$  и суммы изгибающих моментов пород, которые зависят при проходке выработки. Оно фиксируется при наличии любой полости в толще пород вне зависимости от геологического строения и особенностей их свойств.

Опорное давление играет решающую роль при возникновении горных ударов, стрельянии пород, внезапных выбросах. Эти явления связаны обычно с породами, имеющими ярко выраженные упругие свойства или характеризующимися хрупким разрушением. В породах с пластическими свойствами под действием опорного давления наблюдаются пучение почвы выработок, конвергенция их стенок и кровли.

Образование пустот в породном массиве в результате проведения горных выработок и очистных работ вызывает изменение исходного напряжённого состояния в окрестности выработанных пространств. Вес вышележащей породной толщи перераспределяется на область массива, непосредственно прилегающую к очистному пространству или выработке, где возникают повышенные напряжения. Такие области называют опорными или областями повышенного горного давления (ПГД).



1 – подготовительная выработка; 2 – зона естественных напряжений;  
3 – зона опорного давления; 4 – зона пониженных напряжений

Рисунок 1 – Характер распределения напряжений вокруг подготовительной выработки

Опорное давление возникает за счет веса вышележащих пород ( $\gamma H$ ) и суммы изгибающих моментов пород, которые зависят в кровле при формировании очистных пространств и проходке горных выработок.

Формирование очистного пространства приводит к перераспределению напряжений в окружающем массиве. При этом возникают как области повышенных напряжений, так и области пониженных напряжений – зоны разгрузки. Прилегающая к очистному пространству область массива, в которой происходит перераспределение напряжений, называют областью влияния.

Происходящие в зоне опорного давления геомеханические процессы, очень важны с точки зрения крепления и поддержания подготовительных горных выработок, технологии добычи полезных ископаемых, а также для определения эффективных способов борьбы с внезапными выбросами угля и газа и горными ударами. Поэтому крайне необходимо знать и уметь управлять данными процессами.

Повышение устойчивости подготовительных выработок с применением анкерных систем. В настоящее время наиболее хорошо изучены закономерности формирования горного давления вокруг выработок в зонах I и II. Для обеспечения устойчивого, безремонтного поддержания горных выработок, не испытывающих влияние очистных работ необходимо, в первую очередь, обеспечить как можно более раннее вступление крепи в работу [4, 5]. При этом важным является отсутствие переборов и тщательное заполнение закрепленного пространства механизированным способом твердеющими материалами. В условиях больших глубин при значительно возросших величинах горного давления, коренным образом изменились функциональные требования к самой крепи. Традиционная металлическая рамная крепь, применяемая почти повсеместно, выполняет поддерживающе – ограждающую функцию и не препятствует расслоениям вмещающих выработку пород. В настоящей ситуации следует отдавать предпочтение системам крепления, использующих несущую способность вмещающего массива, активно препятствующих расслоениям пород - полное и



частичное заполнение закрепленного пространства, тампонаж закрепляющего пространства, глубинное упрочнение массива вяжущими веществами или анкерами. Оценка эффективности известных средств и способов повышения устойчивости выработок показывает, что наибольший положительный эффект дают именно указанные мероприятия.

Выбор параметров крепи для обеспечения устойчивого состояния выработки может быть осуществлен на основе различных подходов. Первый предполагает максимально быстрый ввод крепи в работу и применение жестких крепей. Недостаток этого подхода заключается в том, что область обеспечения устойчивого равновесного состояния массива определяется очень узким диапазоном допустимых значений деформаций при высоком уровне потенциальной энергии системы «породный массив-крепь- выработка» (рисунок 2, поз. 1).

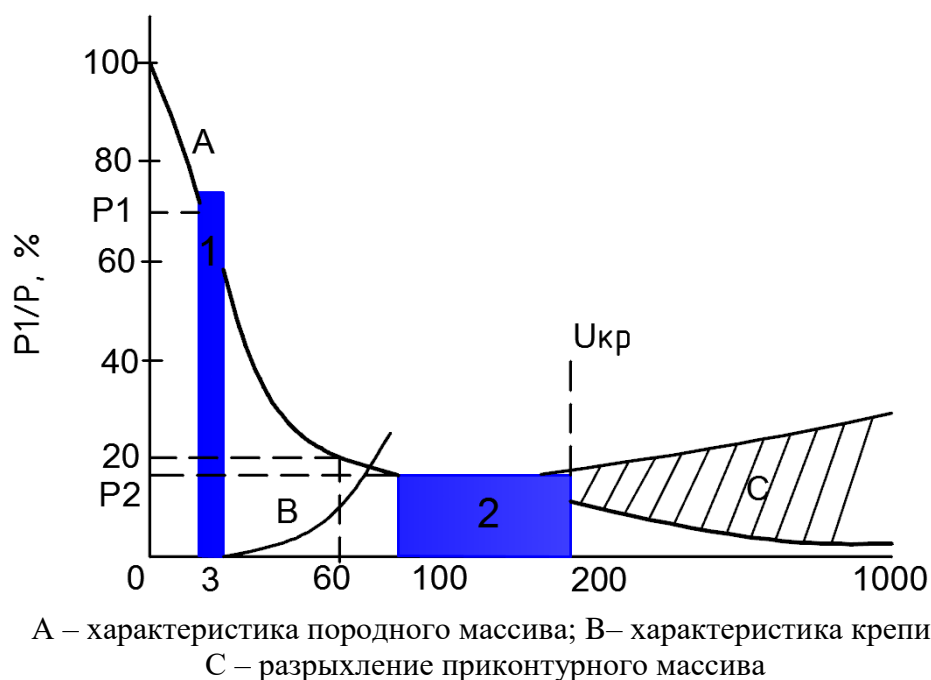


Рисунок 2 –Зависимость величины давления на крепь выработки от величины смещений ее контура

Такое состояние определяется как неустойчивое равновесие. Незначительные изменения параметров влияющих факторов могут привести к недопустимым значениям деформаций, вызывающих тяжелые или катастрофические последствия. Выработки глубоких шахт работают при высоком уровне напряженного состояния. Для этих условий более приемлем другой подход - снижение уровня потенциальной энергии окружающего массива за счет реализации деформационных процессов при контролируемом управлении со стороны крепи [6].

Недостаток этого подхода заключается в формировании вокруг выработки зоны разрушенных пород. Положительным фактором является то, что в этом случае диапазон допустимых значений смещений пород достаточно большой, при существенно меньшей величине напряжений (рисунок 2, поз. 2). Такое состояние системы является более устойчивым и в условиях высокой неопределенности влияющих факторов более подходящим для обеспечения безопасности горных работ в условиях глубоких шахт. Идея концепции управления геомеханическими процессами состоит в учете закономерностей их протекания и применении на каждом этапе строительства и эксплуатации выработки. Она также включает в себя соответствующие способы обеспечения устойчивости, допускающих формирование демпферной зоны для разгрузки приконтурного массива пород от повышенных напряжений и предотвращающих чрезмерное развитие зоны разрушенных пород и смещения породного контура, приводящих к потере устойчивости массива.

Во всех случаях обязательными условиями выполнения всех технологических мероприятий должны быть следующие:

- окружающий выработку массив сразу же после обнажения необходимо включать в работу системы «массив-выработка-крепь»;
- при установке несущей конструкции должен быть обеспечен равномерный плотный контакт крепи и породного контура;
- повышенный отпор окружающим породам необходимо обеспечивать техническими средствами, имеющими малую материалоемкость, стоимость и высокие силовые характеристики;
- способы обеспечения устойчивости выработки должны в максимальной степени использовать несущую способность приконтурного массива путем повышения эффективности отпора самой крепи и использования средств усиления;
- конструкция крепи или применение средств усиления должны учитывать негативное влияние несимметричной нагрузки.

*Факторы, негативно влияющие на проведение горных выработок и отработку угольных пластов.* Для оценки сложности, нарушенности и методов воздействия на массив горных пород на рисунке 3 представлены типы сложных условий, характеристика горного массива, характер проявления сложности и характер проявления деформаций.

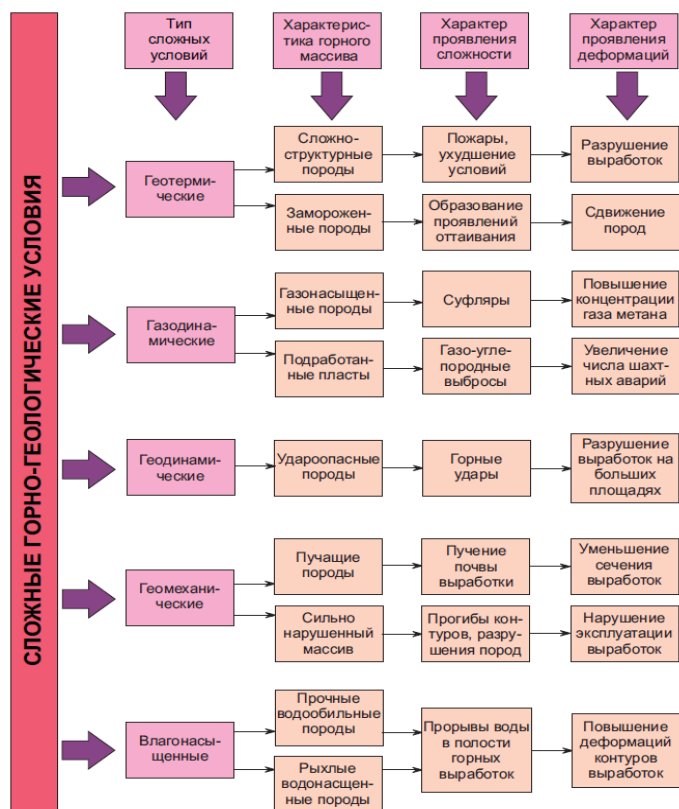


Рисунок 3 – Оценка проявлений деформаций с учетом горно-геологических условий разработки

Исследования носят прикладной характер и их результаты могут использоваться в виде прогрессивных технологических схем проведения горных выработок.

## Библиографический список

1. Демин В.Ф., Маусымбаева А.Д., Демина Т.В. и др. Проявления горного давления при анкерном креплении выработок на шахтах Карагандинского бассейна. Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан, № 2 (48), 2013. – С. 99–106.
2. Isabek T.K., Demin V.F. KSTU is 60. A.S. Saginovs School of Sciences – Start-Up and Development in Vodern Context. University Proceedings. № 2, 2013. - S. 49 – 50.
3. Dyomin V.F., Malchenko T.D., Dyomina T.V., Iskakov A.A. Rocks Displament at Workings Conjugation Under StopingImplacr. University Proceedings. 2, 2013/ - S. 62–64.
4. Исабек Т.К., Демин В.Ф. КарГТУ–60. Научная школа академика А.С. Сагинова– становление и развитие в современных условиях. Труды университета, КарГТУ, № 2, 2013.–С. 51–53.
5. Демин В.Ф., Мальченко Т.Д., Демина Т.В., Исаков А.А. Смещения пород на сопряжениях выработок, подверженных влиянию очистных работ. Труды университета, КарГТУ, № 2, 2013.–С. 66–68.
6. Демина Т.В., Баймульдин М.М. Формирование прогрессивных технологических средств проведения подготовительных выработок с анкерным креплением (статья). Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Издательство «Горная книга», Вып. № 6, 2013. – С. 5-10.

УДК 502.175

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗА ПЕРИОД 2007-2019 гг В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ШЛАКОВОГО ОТВАЛА

### VEGETATION MONITORING RESULTS FOR THE PERIOD 2007-2019 IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE SLAG DUMP

ЕЛОХИН В. А.

ФГБУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Аннотация** Геоботаническое описание растительности в поле проводилось по общепринятым методикам на пробных площадях. Отбор пробы растений для анализа производился с четвертой площадки. В растительных тканях на протяжении 2007-2019 гг. концентрации меди, никеля, свинца, кадмия, цинка и мышьяка варьировали в широких пределах, что вероятно объясняется различной способностью накапливать металлы разными видами сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** мониторинг, растительность, загрязнение.

**Abstract.** Geobotanical description of vegetation in the field was carried out according to generally accepted methods on sample plots. The sampling of plants for analysis was carried out from the fourth site. In plant tissues during 2007-2019. the concentrations of copper, nickel, lead, cadmium, zinc and arsenic varied within wide limits, which is probably due to the different ability to accumulate metals in different types of crops.

**Keywords:** monitoring, vegetation, pollution.

Геоботаническое описание растительности в поле проводилось по общепринятым методикам на пробных площадях (ППП) 20 x 20 м [ ] где фиксировались все виды цветковых растений, производилась оценка их обилия, жизненности деревьев и фитопатологические наблюдения. Объекты наблюдения – отдельные виды растений и растительные сообщества в целом.

Отбор пробы растений для анализа производился с четвертой площадки 1 x 1 м по 0,5 кг. Объединенная проба хорошо перемешивалась.

В июле 2019 г. было выполнено описание растительных сообществ на постоянных пробных площадях, заложенных в 2005 г. Целью исследований являлось изучение основных признаков состава и структуры растительных сообществ и выявление динамики растительности в условиях загрязнения в период 2010-2011-2014-2017-2019 гг. (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика растительных сообществ

№ пробной площадки	Тип растительного сообщества			
	2011 г.	2016 г.	2017 г.	2019 г.
ППП-1	Сосняк малиново-крупнотравный	Сосняк малиновый	Сосняк малиновый	Сосняк малиновый
ППП-2	Сосняк разнотравный	Сосняк снытиевый	Сосняк снытиевый	Сосняк снытиевый
ППП-3	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный
ППП-4	Посевы овса	Посевы ячменя	Посевы кукурузы	Посевы ячменя
ППП-5	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный	Сосняк ягодниково-разнотравный

Состав древесного яруса на всех площадях не изменился в сравнении с 2017 г. На ближайшей к отвалу ППП-1 увеличилось количество сухостойных сосен: на пробной площади ППП-1 – три сухостойных дерева, соответственно сомкнутость крон на ППП-1 уменьшилась на 20 % по сравнению с 2011 г. На остальных пробных площадях также произошло некоторое снижение сомкнутости крон, вероятно связанное с взрослением и ростом сосен. Но при этом по-прежнему прослеживается прямая зависимость состояния крон по сомкнутости и степени поражения от близости к шлаковому отвалу. Плодоношение сосны не выявлено в 2019 г. на всех площадях (таблица 2), что может быть связано как с реакцией на загрязнение, так и с реакцией на климатические факторы и динамикой плодоношения сосны в данном районе.

Таблица 2 - Характеристика древесного яруса в 2019 г.

Показатель	Номер пробной площадки			
	ППП 1	ППП 2	ППП 3	ППП 5
Состав	10Сед.Б	9СБ	9СБ	9СБ
Сомкнутость	0,4	0,6	0,7	0,7
Бонитет	II	II	I	I
Плодоношение сосны	отсутствует	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Степень поражения кроны, %	50	30	5	1-5

Оценка состояния древесного яруса в динамике показывает, что продолжается деградация древесного яруса на ППП-1, ППП-2, ППП-3, сопровождающаяся усыханием деревьев сосны, распадом древесного яруса, осветлением данных участков, дефолиацией крон (таблица 3).

Таблица 3 - Динамика состояния древесного яруса в период 2011-2019 гг

Показатель	Номер пробной площадки							
	ППП1		ППП2		ППП3		ППП5	
Год	2011г.	2019г.	2011г.	2019г.	2011г.	2019г.	2011г.	2019г.
Сомкнутость	0,6	0,4	0,7-0,8	0,6	0,8	0,7	0,7-0,8	0,7
Плодоношение сосны	Слабое	Отсутс.	Слабое	Отсутс.	Слабое	Отсутс.	Слабое	Отсутс.
Степень поражения кроны, %	40	50	20	30	5	До 10	1-5	1-5

Древесно-кустарниковая флора в 2019 г. представлена 18 видами, в составе подлеска выявлено 15 видов на всех пробных площадях, что полностью соответствует количеству выявленных видов в 2011-2017 гг.

Состав подлеска, его высота, наличие эпифитных лишайников практически не изменились в 2019 г по сравнению с 2011-2014 гг. Увеличилось обилие, проективное покрытие, высота кустарникового яруса на ППП-1 за счет разрастания малины. Проективное покрытие мхов в 2019 г. еще снизилось по сравнению с предыдущими годами (мхи не обнаружены) на всех пробных площадях, что, связано как с климатическими факторами, так и с подщелачиванием среды.

В состоянии травяно-кустарничкового яруса наметилась тенденция снижения площади проективного покрытия на ППП-1 и ППП-2, вплоть до формирования мертвопокровных участков с площадью проективного покрытия 0 % на ППП-2.

На площади ППП-1 степень запыления растений самая высокая, но цветение и плодоношение зафиксировано у большинства видов подлеска (черемуха) и кустарников (малина, жимолость), причем более обильное, чем на других пробных площадях. На остальных площадках плодоношение отсутствует, кустарники цветут. Это, вероятно, связано с несовпадением фенофаз и тепляющим действием отвала. Кроме того, такие компоненты пыли отвала как калий могут стимулировать цветение и плодоношение цветковых растений.

На ППП-2 отмечено усыхание древостоя лиственных пород подлеска (черемухи, рябины, клена) и кустарников (жимолости), много сухостоя и ветролома (уже упавших деревьев и кустов).

Возобновление сосны обнаружено только на ППП-5 в виде 2-3-летних семянцев. На всех площадках активно возобновляются преимущественно только лиственные породы подлеска – береза, черемуха, рябина, осина, клен. Причем молодого возобновления (1-2 года) семянцев подлеска на ППП-1 и ППП-2 нет. Но следует отметить наличие возобновления клена (однолетних семянцев) по краям карьера и на старых участках отвала.

Анализ состава флоры травяного и травяно-кустарничкового яруса лесных сообществ показал, что количество видов в 2019 г. варьирует от 6 до 42 на сообщество и включает 75 видов растений. В пределах ППП-1 еще более обильно по сравнению с 2011 г. разрослась малина, а травянистый и моховой покровы практически исчезли, их проективное покрытие около 5 %, в основном за счет Крапивы двудомной. Это связано с осветлением данного участка из-за усыхания сосен. Подщелачивание среды, увеличение калия, натрия, аммония, кальция в биогеохимических циклах привело к вытеснению всех ацидофильных лесных видов из травяно-кустарничкового и мохового ярусов.

Бедной по флористическому составу и слабо покрытой травянистой растительностью (площадь проективного покрытия варьирует от 0,0 до 25,0 %) является ППП-2. Травянистый ярус представлен только снытью обыкновенной, которая растет небольшими куртинами, остальное пространство представлено мертвопокровными участками, не зарастающими травянистыми растениями и с очень мощной подстилкой. Площадь мертвопокровных участков на ППП-2 увеличилась, а снытьевых – сократилась по сравнению с 2011 г.,

разнотравье исчезло. Это объясняется реакцией растительности на загрязнение почв и осветление участков.

На ППП-3, как и в 2017 году встречено два вида травянистых растений, занесенных в Красную книгу Свердловской области (2008 г.) – Лилия кудреватая и ландыш майский.

ППП-4 заложена на пашне в агроценозе, который засевают в соответствии с севооборотом, поэтому состав растительного сообщества меняется. В 2019 г поле засеяно кукурузой; в составе сорных растений – 18 видов.

Состояние травянистой растительности на ППП-5 не изменилось, некоторое изменение обилия видов связано с его естественной динамикой и пространственной неоднородностью. Встречен один вид травянистых растений, занесенный в Красную книгу Свердловской области (2008 г.) – Лилия кудреватая – вблизи ППП-5.

В 2019 г. наблюдалось незначительное снижение количества видов травянистых растений на ППП-1, ППП-2 и ППП-3 по сравнению с 2014 г.

Следовательно, на этих площадках наметилась тенденция формирования монодоминантных сообществ, а на площадке ППП-2 – монодоминантного снытиевого сообщества в комплексе с мертвопокровными участками.

С целью исследования геохимического состава растительных тканей в 2019 году взята проба кукурузы с площадки ППП-4. Результаты анализов приведены на рисунках 1-6.

Из приведенных рисунков следует, что в растительных тканях на протяжении 2007-2019 гг. концентрации меди, никеля, свинца, кадмия, цинка и мышьяка варьировали в широких пределах, что вероятно объясняется различной способностью накапливать металлы разными видами сельскохозяйственных культур. Так максимальные концентрации никеля и меди были зафиксированы в овсе в 2012 году. Самые высокие содержания цинка отмечались в 2007-2008 гг. в ячмене. В растительных тканях кукурузы, отобранной в 2015 году, содержания всех проанализированных металлов на порядок ниже по сравнению с предыдущими годами. Содержания никеля, меди, свинца, цинка в 2019 году значительно превышали содержания в 2015 г. Следует отметить, что содержание мышьяка в 2018 году в разы превышает все предыдущие годы наблюдений и 2019 год.

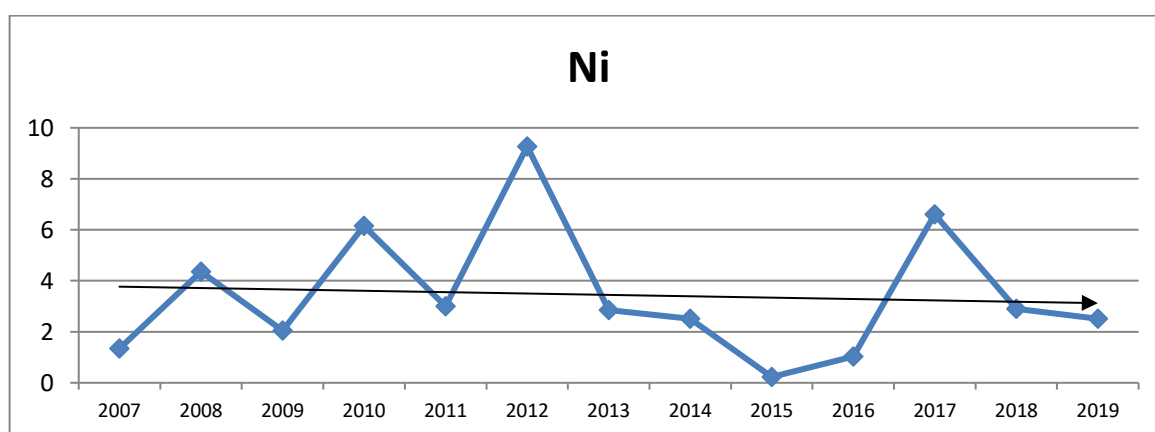


Рисунок 1 - Динамика изменения содержания никеля в растениях площадки ППП4 за период 2007-2019 гг.

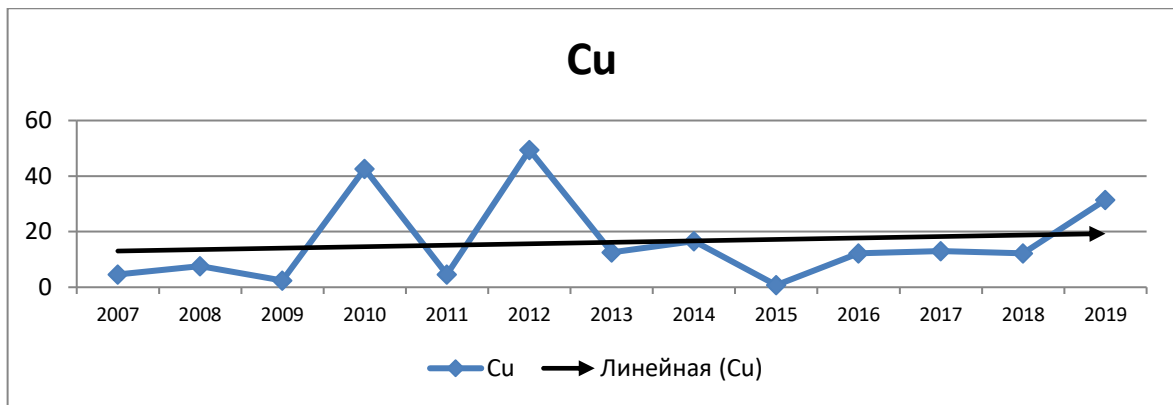


Рисунок 2 - Динамика изменения содержания меди в растениях площадки ППП4 за период 2007-2019 гг.

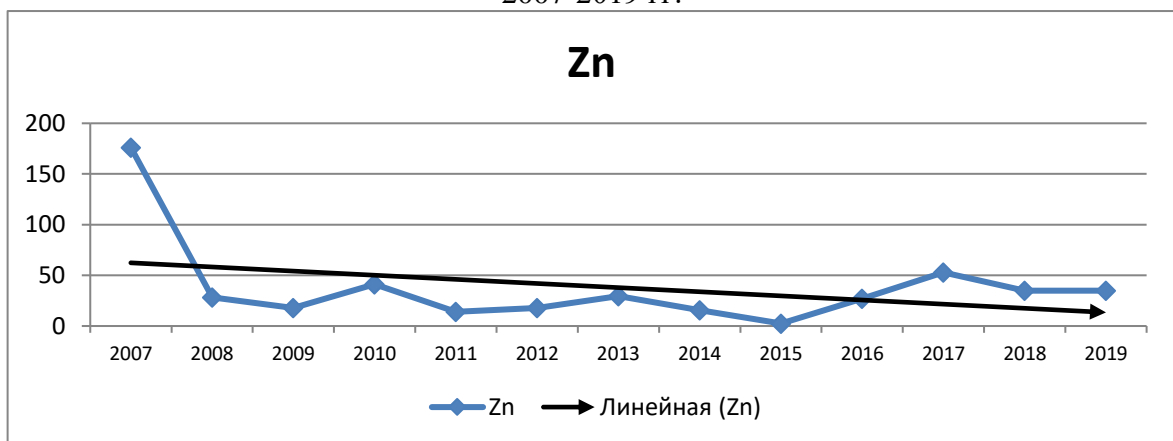


Рисунок 3 - Динамика изменения содержания цинка в растениях площадки ППП4 за период 2007-2019 гг.

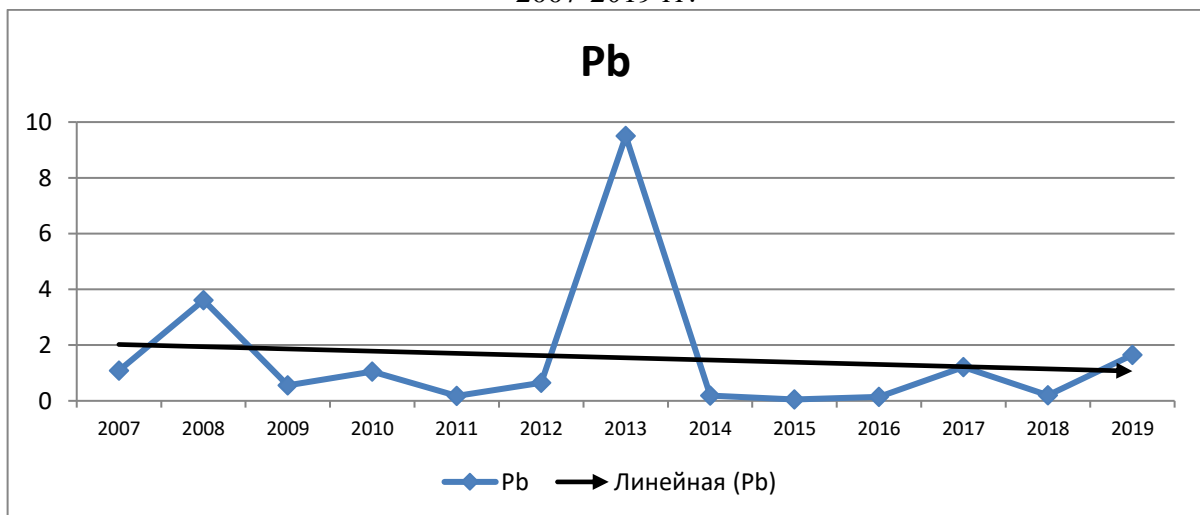


Рисунок 4 - Динамика изменения содержания свинца в растениях площадки ППП4 за период 2007-2019 гг.

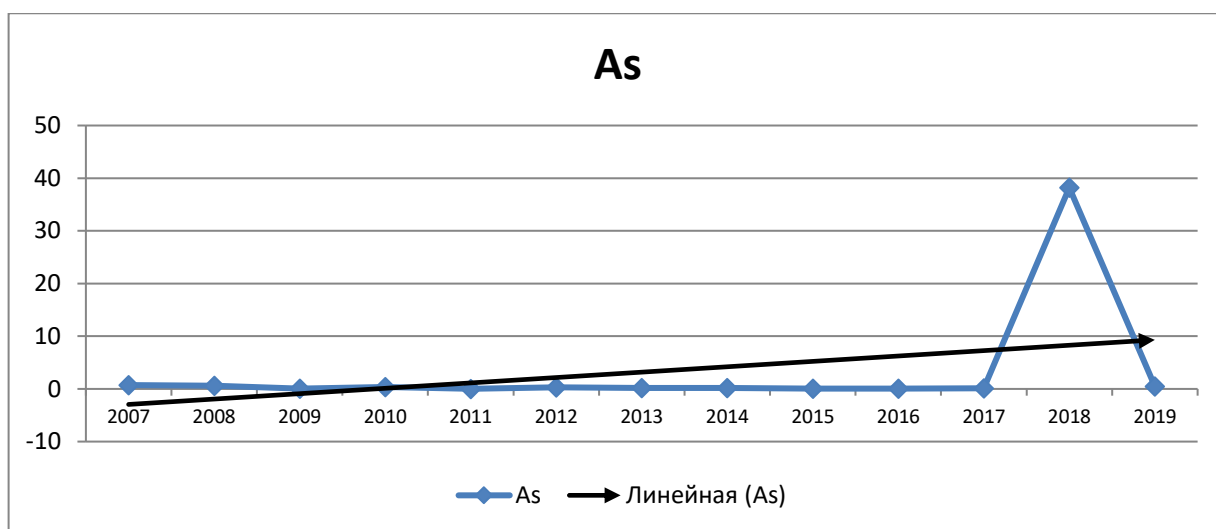


Рисунок 5 - Динамика изменения содержания мышьяка в растениях площадки ППП4 за период 2007-2019 гг.

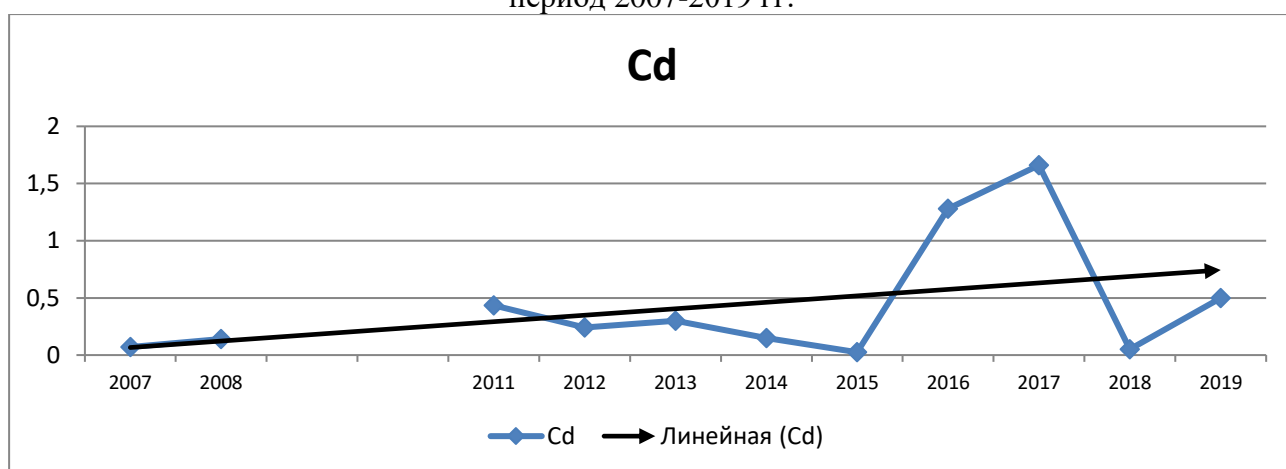


Рисунок 6 - Динамика изменения содержания кадмия в растениях площадки ППП4 за период 2007-2019 гг.

Таким образом, исследование состояния растительности в 2019 г. показало сходство геоботанических описаний с описаниями предыдущих лет мониторинга только на площадях ППП-4 и ППП-5, выступающих в качестве условно-фоновых. Значимые изменения в структуре и составе сообществ на ППП-1, ППП-2, ППП-3, являющихся загрязненными. Изменения количества видов на пробных площадях значимы и свидетельствуют о формировании монодоминантных сообществ в комплексе с мертвопокровными участками на загрязненных территориях.

На площадках ППП-4 и ППП-5 состояние растительности хорошее, количество видов травянистой растительности не изменилось или несколько увеличилось по сравнению с 2010-2017 гг. Некоторые нарушения состояния растительности (слабое запыление и изменение флористического состава по сравнению с регионально-фоновым) связаны с различными видами антропогенной и техногенной деятельности: сельскохозяйственное использование, рекреация, локальные свалки мусора, аэрогенные выбросы предприятий и т.п.

ППП-3 занимает промежуточное положение между загрязненными и незагрязненными участками по состоянию растительности. Количество видов травянистой растительности снизилось в 2 раза в 2019 г по сравнению с 2010-2011 гг.

Наиболее сильно нарушена растительность ближайших к отвалу участков ППП-1 и ППП-2, что проявилось в увеличении доли усыхающих и сухостойных деревьев сосны, изменении типов растительных группировок в связи с осветлением соснового леса данных участков. Кроме того, на этих площадках выявлено запыление листовых пластинок растений, наличие рудеральных кустарников и травянистой растительности, увеличение площади



мертвопокровных участков леса с увеличенной мощностью запыленной подстилки. Количество видов травянистой растительности снизилось на ППП-1 и на ППП-2 по сравнению с 2010-2017 гг. Тем не менее, кустарники и деревья подлеска на ППП-1 цветут и плодоносят, травянистые виды цветут. Состояние доминирующих видов кустарников (малина, шиповник, жимолость) – хорошее.

### Библиографический список

1. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнений окружающей среды металлами. - М.: Гидрометеиздат, 1981.
2. Определитель сосудистых растений Среднего Урала. М.: Наука, 1994.
3. Полевая геоботаника (в четырех томах). Л., 1972.

УДК 550

## МОНИТОРИНГ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЯНГЕЛЬСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

## MONITORING DANGEROUS EXOGENOUS GEOLOGICAL PROCESSES IN THE JANGELIAN DEPOSIT OF FRESH UNDERGROUND WATERS

ЕЛОХИНА С.Н., Н.В. ЦВЕТОВ, С.В. ГОРБОВА

ФГБУ «Гидроспецгеология». Филиал «Уральский Региональный  
центр ГМСН», Екатеринбург, Россия, тел./факс: +7(343)2575775,  
*e-mail*: [uralrc@specgeo.ru](mailto:uralrc@specgeo.ru)

**Аннотация** Эксплуатация крупных водозаборов подземных вод в пределах карбонатных массивов Южного Урала приводит к активизации карстово-суффозионных процессов. Поглощение поверхностного стока и переток напрямую в водоносный горизонт и далее к каптажным сооружениям, приводят к ухудшению показателей качества подземных вод, в основном, органолептических и санитарно-бактериологических. Оперативное обнаружение карстово-суффозионных провалов и их ликвидация улучшают микробиологические показатели подземных вод практически до соответствия требованиям к источникам питьевого водоснабжения.

**Ключевые слова:** водозабор, карстово-суффозионный провал, овражная эрозия

**Abstract** The exploitation of large groundwater intakes within the carbonate massifs of the Southern Urals leads to the intensification of karst-suffusion processes. The absorption of surface runoff and overflow directly into the aquifer and further to the capturing facilities leads to a deterioration in groundwater quality indicators, mainly organoleptic and sanitary-bacteriological. Rapid detection of karst-suffusion dips and their elimination improves the microbiological parameters of groundwater almost to meet the requirements for drinking water sources.

**Keywords:** water intake, karst-suffusion failure, ravine erosion

Хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Магнитогорска с населением 416,5 тыс. чел.

полностью базируется на подземных водах. Потребность города в питьевой воде обеспечивается эксплуатацией трех крупных месторождений: Мало-Кизильского (55% от потребности), Верхне-Кизильского (10%) и Янгельского (25 %).

Янгельское месторождение пресных подземных вод (далее МППВ) расположено в Агаповском муниципальном районе Челябинской области, в 27 км южнее г. Магнитогорска, вблизи границы с республикой Башкортостан. На рисунке 1 показана обзорная схема Янгельского МППВ.

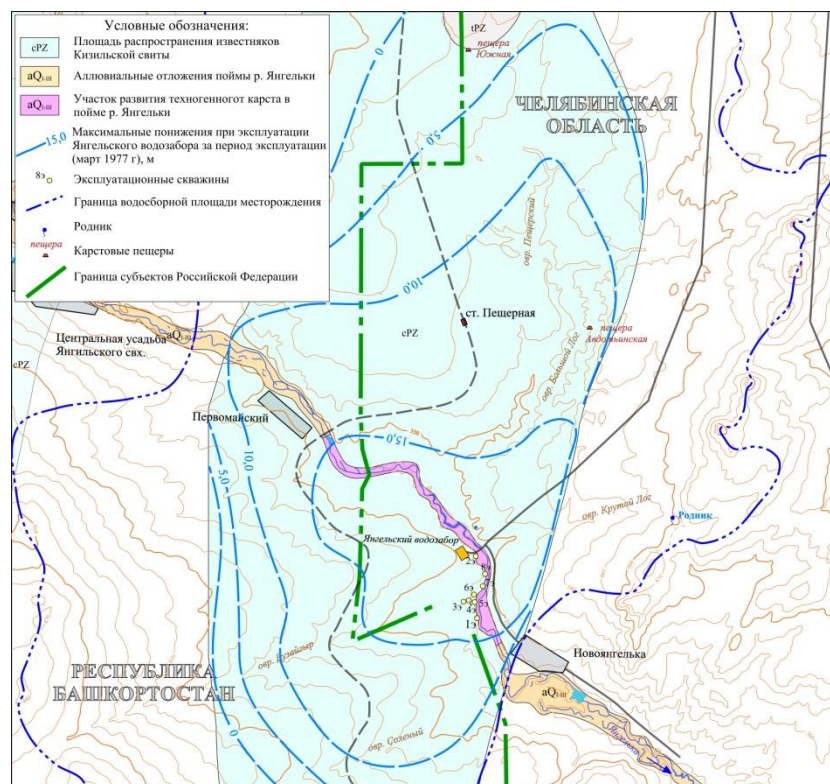


Рисунок 1 – Обзорная схема Янгельского МППВ

В гидрогеологическом отношении месторождение приурочено к ограниченному в плане, закарстованному массиву карбонатных пород Кизильской свиты, пересекающему долину р. Янгелька. Ширина массива известняков в створе водозабора 6,0 км, его протяженность в пределах водосборной площади 22,0 км, площадь 102 км<sup>2</sup>, при общей водосборной площади месторождения 191 км<sup>2</sup>. Обрамляющие карбонатный массив структуры отличаются низкой водообильностью. Важную роль в гидрогеологической модели месторождения играют аллювиальные отложения долины р. Янгелька, имеющие мощность от 0,6 до 6,0 м. Основные балансовые составляющие эксплуатационного водоотбора для маловодного периода были определены в количестве: естественные ресурсы – 250 дм<sup>3</sup>/с (36%), фильтрационные потери стока р. Янгелька – 320 дм<sup>3</sup>/с (46%), естественные запасы трещинно-карстового водоносного горизонта – 130 дм<sup>3</sup>/с (18%). Подземные воды водоносной карстовой зоны грунтового типа, с инфильтрационным питанием в границах водосборной площади и разгрузкой в русло р. Янгелька. Уровень подземных вод в естественных условиях на водоразделах залегает на глубинах до 27 м и полого сопрягается с уровнем воды в русле реки.

Янгельский водозабор эксплуатируется с 1970 г. и состоит из восьми скважин. В работе одновременно находятся 3-4 скважины, остальные в резерве или на техобслуживании. Минимальный среднегодовой отбор воды зафиксирован в 1977 г. в объеме 30,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут вследствие исключительно маловодного периода 1975-1976 гг. В период 2015-2019 гг. нагрузка на водозабор изменялась в пределах 31,6-37,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

По химическому составу подземные воды Янгельского МППВ хлоридно-сульфатно-

гидрокарбонатные, магниевые-натриево-кальциевые, с сухим остатком 0,5-0,7 г/дм<sup>3</sup> и величиной общей жесткости до 8 °Ж. Качество подземных вод соответствует питьевым стандартам за исключением повышенной общей жесткости.

Эксплуатация водозабора наносит значительный ущерб поверхностному стоку р. Янгельки вплоть до его полного поглощения в меженные периоды. По данным регулярных наблюдений за стоком ФГУПП «Челябинскгеосъёмка» в период 1985-2000 гг., среднемноголетняя величина поглощения за этот период составила 0,42 м<sup>3</sup>/с. Наблюдалась прямая зависимость между водностью периода, объемом поверхностного стока, величиной его поглощения и как следствие - производительностью водозабора.

Депрессионная воронка, сформировавшаяся при эксплуатации водозабора, охватывает практически всю площадь карбонатных пород, полого распространяясь вверх по течению реки, а также в северном и южном направлениях. При этом практически на всем отрезке р. Янгелька в границах карбонатного массива произошел отрыв уровня подземных вод продуктивного водоносного горизонта от подошвы аллювиальных отложений. Динамический уровень в центре депрессионной воронки снизился на 15-20 м и находится на 10-15 м ниже подошвы аллювия, что создает предпосылки для активного развития карстово-суффозионного процесса.

Особенностью рельефа водосборной площади месторождения является карстовый ландшафт, широко развитый как в долине р. Янгельки, так и на приводораздельных пространствах, в границах карбонатного массива. В естественных условиях карстово-суффозионные процессы и овражная эрозия активно развивались на площади карбонатного массива преимущественно на водоразделах и склонах долины р. Янгелька.

Начиная с 1984 г. в пределах водозабора образуются провальные воронки, в которые происходит прямое поглощение поверхностного стока. На рисунке 2 представлен карстово-суффозионный провал в пойме р. Янгелька.



Рисунок 2 – Карстово-суффозионный провал в пойме р. Янгелька, 2017 г.

С появлением провальных карстово-суффозионных форм было отмечено ухудшение качества подземных вод в водозаборных скважинах [3]. По данным лаборатории МП трест «Водоканал» в 1998 г. произошло увеличение количества отклонений по бактериологическим показателям (15 проб), по сравнению с предыдущими годами (2-3 пробы). В 1999 г. отмечено наибольшее количество отклонений по бактериологическим показателям в пробах воды - 46, в 2000 г. - 19. Основным источником проникновения поверхностных вод служила карстово-суффозионная воронка провального типа, расположенная на расстоянии 2 км от водозабора

вверх по течению реки. После её ликвидации в 2002 г. зафиксировано четыре отклонения, приходящиеся на период паводка. В 2003 и 2004 годах отклонений в анализах не наблюдалось.

В 2004 г. ТЦ ГМСН ФГУГП «Челябинскгеосъёмка» была проведена карстологическая съёмка участка долины р. Янгелька в границах карбонатного массива. Выявлено и описано 72 карстовых и карстово-суффозионных формы, представленных воронками, в том числе провальными, карстовыми колодцами, карстово-эрозионными оврагами [3].

Последствия активизации карстово-суффозионного процесса неоднозначны. Увеличение доли поверхностных вод в питании подземных способствует восполнению запасов продуктивного горизонта, опреснению воды и уменьшению ее жёсткости. С другой стороны, загрязнённые поверхностные воды через провалы, поступающие напрямую в водоносный горизонт и далее к каптажным сооружениям, приводят к ухудшению показателей качества подземных вод, в основном, органолептических и санитарно-бактериологических. Не исключается нитратное, углеводородное и общее органическое загрязнение, учитывая хозяйственную ситуацию в бассейне р. Янгелька выше площади месторождения. В конечном итоге, это может привести к тому, что Янгельский водозабор из разряда подземных источников перейдёт в поверхностные.

С 2008 г. по настоящее время в рамках государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) выполняет ежегодное обследование Янгельского участка с целью оценки активности развития карстово-суффозионного процесса и овражной эрозии в пойме р. Янгелька и на водораздельной площади. За период с 2008 г. достоверно известно об образовании 2 крупных провалов в пойме р. Янгелька, оперативно ликвидированных недропользователем. По данным ежегодных обследований в приводораздельных условиях активность появления новых карстово-суффозионных воронок и рост их размеров, развитие овражной сети зависит от различных факторов: геоморфологического положения, структуры карбонатного массива, метеорологических условий - температуры и количества выпавших осадков, активности весеннего снеготаяния [2].

На приводораздельном пространстве на борту оврага Большой Лог, аккумулирующего и транспортирующего весенний сток с прилегающей территории в р. Янгелька, за тот же 12-летний период наблюдений зафиксирован один новый карстово-суффозионный провал, представленный на рисунке 2.



Рисунок 3 – Свежий провал на борту оврага Большой Лог, 2018 г.

Таким образом, активизация карстово-суффозионного процесса в пойме р. Янгелька спровоцирована эксплуатацией Янгельского водозабора в условиях отрыва уровня подземных вод в трещинно-карстовом коллекторе от подошвы аллювия. Образование провалов

происходит, преимущественно, в паводковые периоды. Особенно данный процесс активизируется после маловодных лет, когда в продуктивном водоносном горизонте происходит сработка уровня подземных вод.

Оперативное обнаружение провалов и их ликвидация, как показывают результаты производственного контроля за качеством воды на водозаборе, улучшают микробиологические показатели подземных вод практически до их полной нормализации. Мониторинговые наблюдения на действующем крупном водозаборе г. Магнитогорска в условиях активного развития карстово-суффозионного процесса рекомендуется продолжить.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Зайцев Г.И., Крутов В.М., Трапезников О.А. Отчет о гидрогеологических изысканиях источника водоснабжения г. Магнитогорска, проведенных на Янгельском участке, в Кизильском районе Челябинской области в 1959-61 гг. - Челябинск: Магнитогорская КГРП. - 1961.
2. О состоянии недр территории Уральского федерального округа Российской Федерации за 2018 год. [Текст]: Информационный бюллетень //под ред. С.Н. Елохиной. – Екатеринбург: УРЦ ГМСН. - 2019.
3. Уланова Н.И., Проценко А.П., Лавров В.М. Изучение и оценка закарстованности карбонатных пород и прогноз интенсификации карстовых процессов в зоне влияния Янгельского водозабора. - Челябинск: ФГУГП «Челябинскгеосъёмка». - 2004.

## ПАРАМЕТРЫ РАСЧЕТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ (БВР)

ЕРМОЛАЕВ А.И., ТЕТЕРЕВ Н.А., КУЗНЕЦОВ А.М., АЧИНЦЕВ А.Л.

ФГБОУ ВО "Уральский государственный горный университет"

**Аннотация:** Приводятся примеры методов расчета параметров буровзрывных работ. Разработка методики, опытные взрывания с целью получение основных расчётных показателей, расчет параметров БВР на основании данных опытных взрывов, взрывание сосредоточенных зарядов на оптимальной глубине залегания.

**Ключевые слова:** Буровзрывные работы, заряд ВВ, оптимальное заложение заряда, качество дробление горных пород.

## DRILLING AND BLASTING CALCULATION PARAMETERS (BWR)

**Abstract:** Examples of methods for calculating the parameters of drilling and blasting are given. Development of a methodology, experience of explosiveness in order to obtain the basic design indicators, substantiation of the parameters of the explosiveness of hazardous areas at the optimum depth.

**Keywords:** Drilling and blasting operations, explosive charge, optimal charge laying, rock crushing quality.

Существует несколько методических подходов к расчету параметров БВР. Долгое время использовался расчет параметров БВР по удельному расходу ВВ.

Ввиду зависимости величины удельного расхода не только от типа ВВ, характеристики взрывааемых пород, но и от принятых технологических приемов и решений, в последнее время более предпочтительным является метод расчета по величине ЛНС (линии наименьшего сопротивления, или сопротивление по подошве, или радиус разрушения). Для определения этой величины предложено большое число зависимостей [1].

В соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах по расчетным параметрам должно проводится не менее трех опытных взрывов, по результатам которых расчетные параметры БВР корректируются [2].

Анализ таких методических подходов показывает, что отсутствуют методические указания и требования по проведению опытных взрываний.

Корректировка аналитически рассчитанных параметров БВР по результатам опытных взрываний, в качестве которых используются технологические взрывы, вызывает сомнения в правильности используемых методик расчета параметров БВР.

Решая вопросы эффективности и безопасности ведения БВР на ряде рудников Урала нами ставилась задача исследований способов и условий эффективного расхода ВВ за счет оптимального объема буровых работ и равномерного размещения ВВ во взрываемом массиве.

В результате многочисленных экспериментальных взрываний с целью определения оптимальных параметров БВР, были исследованы зависимости параметров воронки взрыва и объемов разрушения горных пород от величины заряда ВВ, конструкции и формы заряда ВВ.

Проведенные исследования показали, что для того чтобы получить более объективные параметры БВР необходимо:

1. Разработать методику проведения опытных взрывов;
2. Опытные взрывания проводить только с целью получения основных расчетных показателей;
3. Расчет параметров БВР проводить на основании данных опытных взрывов;
4. При проведении опытных взрывов использовать взрывание сосредоточенных зарядов ВВ на оптимальной глубине заложения.

Сосредоточенный заряд ВВ, взорванный на оптимальной глубине заложения от обнаженной плоскости, при условии самоочистки воронки взрыва, обеспечивает оптимальные условия по максимальному объему разрушения массива. При этом основным сравнительным

показателем является объем воронки взрыва. При взрывании сосредоточенных зарядов ВВ одного диаметра (одной массы) на различной глубине заложения, максимальному объему воронки взрыва соответствует только одна глубина заложения.

Сосредоточенным зарядом следует считать заряд ВВ, длина которого не превышает 3-6 его диаметров. При этом большее соотношения относится к зарядом ВВ с диаметром менее 100мм.

Исследованиями установлено, что с увеличением диаметра заряда ВВ, увеличивается оптимальная глубина заложения и увеличивается размер кусков взорванной горной массы.

Если в одних и тех же горных породах взорвать серии зарядов ВВ с различными диаметрами ( $d_1, d_2, d_3$ , и т.д.), то для каждого диаметра получим зависимость  $V = f(L)$ .

По полученным данным оптимальных заложений зарядов ВВ и максимального размера куска взорванной горной массы можно построить зависимость  $L_{\text{опт}} = f(d)$  и  $\Delta = f(d)$  (см.рис.).

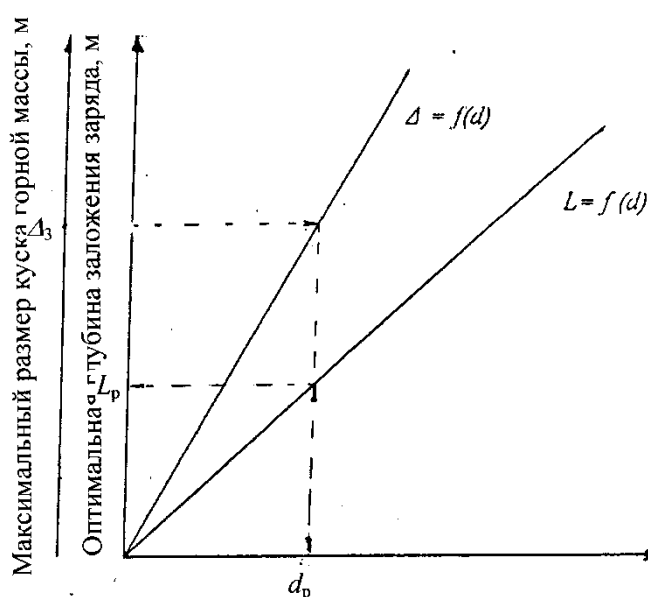


Рис. 1. - Номограмма для определения основных расчетных параметров БВР по заданному качеству дробления горных пород:

$\Delta_3$  – заданное качество дробления;  $d_p$  – расчетный диаметр заряда ВВ;

$L_p$  - расчетная глубина заложения заряда;

Полученные зависимости дают возможность по заданной величине дробления (максимальный размер куска взорванной горной массы), по зависимости максимального куска от диаметра, по заданной величине дробления определить необходимый диаметр заряда ВВ. По диаметру заряда ВВ и полученной зависимости величины оптимальной глубины заложения заряда, определить эту величину для требуемых условий взрывания.

Полученная величина оптимальной глубины заложения сосредоточенного заряда ВВ, определяет основной расчетный показатель для расчета параметров БВР и размещения зарядов ВВ в массиве горных пород.

Радиус разрушения сосредоточенного заряда ВВ будет равен оптимальной глубине его заложения.  $L_{\text{опт}} = R_c$ , где  $R_c$  – радиус взрывного разрушения сосредоточенного заряда ВВ, м.

Расстояние между сосредоточенными зарядами и между их рядами при групповом взрывании будет равно и определится  $a = b = 2 R_c$ , где  $a$  – расстояние между зарядами в ряду, м.;  $b$  - расстояние между рядами, м.

При взрывании удлиненных зарядов ВВ радиус определяется [3],  $R_{уд} = 1,5 R_c$ , где  $R_{уд}$  – радиус взрывного разрушения удлиненного заряда ВВ, м.

При групповом взрывании удлиненных зарядов ВВ, расстояние между зарядами определится

$$a = 2 R_{уд}$$

Расстояние между рядами определится  $v = R_{уд}$

Предлагаемый методический подход к расчету параметров БВР на основании результатов опытных взрывов сосредоточенных зарядов позволяет по заданному качеству дробления горных пород определить оптимальные величины заложения зарядов ВВ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч II. Взрывные работы в горном деле и промышленности: Учебник. - М: Издательство "Горная книга", 2008.- 512с.
2. Единые правила безопасности при взрывных работах. ПБ, – 407-01- Санкт-Петербург: Издательство ДЕАН, 2002. – 240с.
3. Мурзииков И.М. Разрушения горных пород взрывом// Известия Вузов. Горный журнал. – 2001. – №.6 - с 102-103.

УДК 622.235

#### НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТОНИРУЮЩЕГО ШНУРА

ЕРМОЛАЕВ А.И., ТЕТЕРЕВ Н.А., КУЗНЕЦОВ А.М., МУХИН Д.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Аннотация:** Приведены результаты испытания детонирующих шнуров (ДШ) на соответствие требований ГОСТ. Установлено, что действующий стандарт испытаний ДШ допускает попадание на массовые взрывы дефектных изделий. Для получения достоверных показателей надежности испытан способ с изолирующими прокладками. Дана оценка безотказности и восприимчивости детонации ДШ разных марок.

**Ключевые слова:** Детонирующий шнур, надежность, вероятность отказов, восприимчивость к детонации

#### RELIABILITY OF WORK OF CONNECTIONS OF DETONATING CORD

**Abstract:** The results of testing detonating cords (L) for compliance with the requirements of GOST. It has been established that the current standard for testing LH allows defective products to get into mass explosions. To obtain reliable reliability indicators, a method with insulating gaskets was tested. An assessment of the reliability and susceptibility of detonation of detonation rings of different brands is given.

**Keywords:** detonating cord, reliability, probability of failures, susceptibility to detonation

При анализе факторов, приводящих к отказам зарядов взрывчатых веществ (ВВ) при массовых взрывах установлено [1], что основной причиной отказов скважинных зарядов является низкое качество (надежность) применяемых детонирующих шнуров (ДШ).

Согласно ГОСТ 6196-78 испытание ДШ на восприимчивость к детонации должно проводиться путем подрыва шнура, связанного по определенным схемам. В этих схемах к магистрали ДШ присоединяют отрезки ДШ способами, используемыми при монтаже взрывной сети на промышленных взрывах, а именно: способом соединения шнуров морским



узлом, соединения прямым узлом и соединения внакладку на длине не менее 10 см. Магистраль ДШ инициируют от стандартного капсюля-детонатора или электродетонатора и по количеству отказов в магистрали и отказов в передаче детонации отрезкам судят о безотказности ДШ и его пригодности к применению.

Основной недостаток этого способа испытаний состоит в том, что для подтверждения высоких показателей надежности (безотказности) требуется весьма большое количество испытаний, а при малом количестве испытаний, как это принято в ГОСТ 6196-78, резко снижается точность (достоверность) оценки надежности.

Сказанное выше подтверждают следующие рассуждения: допустим, производится  $n$  независимых опытов, в каждом из которых вероятность появления некоторого события (в нашем случае отказа в передаче детонации на соединении шнуров) равна  $q$ . Тогда случайное число  $m$  появления этого события (отказа) в серии  $n$  опытов подчиняется, как известно, биномиальному распределению. Если при  $n$  опытах отказов в передаче детонации на соединении шнуров не было ( $m=0$ ), для нижней и верхней доверительных границ вероятности отказов  $q$  можно записать:

$$q_n = 0, \quad q_v = 1 - \sqrt{1 - \alpha}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  - доверительная вероятность. Отсюда наименьший объем испытаний, необходимый для подтверждения того, что  $q \leq q_v$ , с вероятностью  $\alpha$  будет равен:

$$n = \frac{\lg(1 - \alpha)}{\lg(1 - q_v)}, \quad (2)$$

Согласно исследованиям [1] среднее значение вероятности отказа в передаче детонации на соединении детонирующих шнуров составляет для шнура ДШ-А:  $q=6 \times 10^{-4}$ , для шнура типа ДШЭ-12:  $q=0,7 \times 10^{-5}$ . Тогда наименьший объем испытаний соединений шнура при доверительной вероятности  $\alpha=0,8$ , должно быть для шнура ДША  $n=2680$  и для шнура ДШЭ-12  $n=23000$ . Понятно, что столь большой объем испытаний просто неприемлем, исходя из чисто практических соображений (большой перерасход ДШ на испытания).

В испытаниях ДШ по ГОСТ 6196-78 количество испытаний соединений детонирующих шнуров принято равным 21. Отсюда доверительная вероятность, с которой подтверждается условие  $q \leq 6 \times 10^{-4}$  составляет  $\alpha=0,0125$ , то есть проводить столь малое количество испытаний, как это предусмотрено в ГОСТ 6196-78, просто бесполезно.

При контроле восприимчивости к детонации по ГОСТ 6196-78 гарантируется значение  $q \leq q_v=0,1$  с доверительной вероятностью  $\alpha=0,9$  или  $q \leq q_v=7,5 \cdot 10^{-2}$  с доверительной вероятностью  $\alpha=0,8$ .

Таким образом, принятый по ГОСТ контроль восприимчивости ДШ к детонации не гарантирует не только требуемых показателей безотказности, но и фактически достигнутых среднестатистических.

Недостатком применяемой в настоящее время методики испытаний ДШ является также невозможность сравнить при испытаниях уровень безотказности детонирующих шнуров различных партий или типов, поскольку при высокой надежности (безотказности) шнура даже при нескольких сотнях испытаний отказов на соединениях в подавляющем большинстве случаев не будет. Например, по данной методике практически невозможно выявить преимущества шнура ДШЭ-12 по сравнению с ДШ-А, хотя у первого безотказность значительно ниже. Разница между ними может быть выявлена только после испытаний нескольких десятков тысяч соединений.

С целью снижения количества испытаний и получения достоверных показателей надежности предложена схема испытания детонирующего шнура, при которой на магистральную нить ДШ наматывают слой изолирующего материала (изолента, бумага,

хлопчатобумажная лента и т.п.), а поверх его вяжут отрезки ДШ тем способом (морским узлом, внакладку и т.п.), который необходимо испытать. Магистраль шнура подрывают стандартным капсюлем-детонатором (или электродетонатором) и подсчитывают количество отказов в передаче детонации от магистрали к отрезкам. Затем толщину изоляции изменяют и опыты повторяют. Изменение толщины изоляции производят 10-15 раз, общее количество испытаний (количество соединений шнура) принимают не менее 40-60. По результатам испытаний определяют восприимчивость к детонации (среднее расстояние толщины преграды, при которой происходит передача детонации от магистрали к отрезкам) и вероятность отказа в передаче детонации при нулевой толщине преграды, полагая, что распределение частоты передачи детонации на соединении в зависимости от толщины преграды имеет нормальное распределение.

С целью определения надежности работы соединений ДШ (вероятности передачи детонации между ДШ на соединениях) были проведены сравнительные испытания двух партий детонирующего шнура марки ДШ-А по ГОСТ 6196-78 и способом с бумажными прокладками. Результаты испытаний приведены в таблицах (1-3).

Таблица 1 – Результаты испытаний безотказной работы соединений шнуров ДШ-А (испытания ДШ по ГОСТ 6196-78)

Условный номер партии	Взорвано соединений	Кол-во отказов на соединениях	Частота (вероятность отказа) Q	Доверительный интервал для Q при $\alpha=0,95$	
				Q <sub>н</sub>	Q <sub>в</sub>
I	520	0	0	0	0,00574
	5210	2	0,00038	0,00036	0,00040
II	520	0	0	0	0,00574
	5180	4	0,00077	0,00073	0,00081

Таблица 2 – Испытания ДШ-А на восприимчивость к детонации через бумажные прокладки

Условный номер партии	Кол-во прокладок	Кол-во опытов	Кол-во отказов	Накопленная частость	Частость в интервале
I	3	10	0	0	0
	4	10	1	0,1	0,1
	5	10	0	0	0
	6	10	3	0,3	0,2
	7	10	0	0,9	0,6
	8	10	10	1,0	0,1
ИТОГО:		60			
II	3	10	0	0	0
	4	10	1	0,1	0,1
	5	10	0	0,1	0
	6	10	6	0,6	0,5
	7	10	9	0,9	0,3
	8	10	10	1,0	0,1
ИТОГО:		60			

Из таблицы 1 видно, что при малом количестве испытаний точность способа испытаний по ГОСТ 6196-78 невысока. Так, даже при 520 испытаниях не удается оценить (сравнить), какой из шнуров имеет более высокие показатели восприимчивости к детонации (оцениваемой по количеству отказов в передаче детонации) и надежности. Это обусловлено самим назначением ДШ. Он сделан таким, чтобы на соединениях работать высоконадежно, и это достигается за счет высокой чувствительности взрывчатой сердцевины ДШ и высоких параметров инициирующего импульса. На практике не безразлично, сколько соединений (узлов) ДШ откажет: один из сотни, один из тысячи или один из 10 тысяч, а выявить это при небольшом количестве испытаний невозможно.

Очень завышенными оказались оценки надежности (безотказности) и при испытаниях способом с прокладками (таблица 3), что является следствием предположения о нормальности распределения величины дальности, как указывалось выше.

Таблица 3 – Расчетные показатели восприимчивости к детонации и надежности шнуров марки ДШ-А партий I и II

№№ п/п	Наименование показателей	Номер партии	
		I	II
1	Количество прокладок при 50% передаче детонации (восприимчивость к детонации), R	6,6	6,3
	Среднеквадратическое отклонение, $S_R$	1,04	1,0
2	Нижняя доверительная граница $R_n$ при доверительной вероятности $\alpha=0,95$	6,33	6,04
3	Верхняя доверительная граница $R_v$ (при $\alpha=0,95$ )	6,87	6,56
4	Значение величины $t_c=R/S_R$	6,346	6,3
5	Вероятность безотказной работы соединения ДШ, P	более 0,99999999	более 0,99999999

Недостатком этого метода является трудоемкость проведения испытаний и низкая точность оценки безотказности и восприимчивости к детонации. Высокая трудоемкость обусловлена многократностью проверок шнура и необходимостью выполнения дополнительных операций (наматывание слоя изолирующего материала и вязка на него узла ДШ). Низкая точность получаемых при испытаниях показателей надежности ДШ и восприимчивости к детонации объясняется тем, что передача детонации от материала к отрезкам осуществляется через преграду (изолирующий материал), а не через воздух, как это происходит на узлах в реальных условиях промышленных взрывов. Практические данные, полученные при испытаниях ДШ, свидетельствуют, что механизм возбуждения детонации в отрезках от магистрали через изолирующий материал отличен от механизма возбуждения через воздух. В первом случае возбуждение детонации происходит в основном за счет действия ударной волны и в меньшей степени от температуры разлетающихся газов взрыва. Ослаблено также действие самих газообразных продуктов из-за наличия преграды. Известно, что некоторые марки ДШ лучше возбуждают детонацию при действии на них газами с высокой температурой, другие наоборот требуют для возбуждения детонации сильной ударной волны. Из сказанного следует, что информация о надежности ДШ и восприимчивости к детонации, полученная при таких испытаниях, неточна и по ней лишь с большим приближением можно судить об указанных показателях ДШ, в особенности при сравнении ДШ различных типов.

Недостаток испытаний ДШ с прокладками также в том, что для возможности сравнения чувствительности к детонации шнуров по результатам различных серий испытаний необходимо во всех случаях применять прокладки из одного и того же материала, что не всегда удобно или возможно с практической точки зрения.

Выше было показано, что при контроле восприимчивости к детонации путем взрывания небольшого количества соединений (узлов) ДШ, как это принято по ГОСТ 6196-73, гарантируется весьма низкий, неприемлемый уровень надежности. В то же время для подтверждения требуемого уровня надежности (вероятность отказов на соединениях ДШ не более  $6 \cdot 10^{-4}$ ) необходимо взрывать весьма большое количество соединений ДШ, что явно нецелесообразно.

#### Библиографический список

1. Ермолаев А.И. Исследование надежности средств инициирования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003, вып.7, с.5-7.

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

ЗАЙЦЕВ В. А., БУЛАВКА Ю. А., КОЖЕМЯТОВ К. Ю.

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Республика Беларусь

**Аннотация.** Исследование в области анализа состояния промышленной безопасности при проектировании и эксплуатации технологических трубопроводов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств в настоящее время является остроактуальным в связи с тем, что большая часть аварийных ситуаций происходит именно на технологических трубопроводах. В данной статье рассмотрены причины аварий на НПЗ и направления повышения уровня промышленной безопасности.

**Ключевые слова.** Коррозия; система проектирования; технологические трубопроводы; аварийность.

## ANALYSIS OF THE STATE OF INDUSTRIAL SAFETY IN THE OPERATION AND DESIGN OF TECHNOLOGICAL PIPELINES

ZAITSEV V., BULAUKA Y., KOZHEMYATOV K.

Polotsk State University, Novopolotsk, Republic of Belarus

**Annotation.** Research in the field of analysis of the state of industrial safety in the design and operation of technological pipelines of oil refining and petrochemical industries is currently urgent due to the fact that most of the emergencies occur precisely on technological pipelines. This article discusses the causes of accidents at refineries and directions of increasing the level of industrial safety.

**Keywords.** Corrosion; design system; technological pipelines; accident rate.

Высокая опасность при эксплуатации и проектировании НПЗ обусловлена существенным риском возникновения аварийных ситуаций, которые сопровождаются выбросами нефти и нефтепродуктов в окружающую среду. Вместе с тем, наиболее крупные аварии происходят в результате прорывов (разгерметизации) трубопроводов.

Несмотря на существенные меры в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности, по-прежнему регистрируется высокая аварийность по объектам нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслей, которая в большей степени связана с длительной эксплуатацией и низким качеством технологического оборудования, подверженного коррозионному и механическому износу, а также наличием в сырье значительного количества сернистых соединений [1, 2].

Распределение аварийных ситуаций на объектах нефтепереработки по видам технологического оборудования, выполненное на примере НПЗ различных стран приведено в таблице 1 [2, 3, 4].

Таблица 1 – Распределение аварийных ситуаций на объектах нефтепереработки

Виды оборудования	Количество аварий и инцидентов, % от общего числа		
	Белорусский НПЗ	Японский НПЗ	Российский НПЗ
Технологические трубопроводы, соединения, арматура	15	12	32
Насосно-компрессорное оборудование	28	19	18
Емкости, аппаратура	13	15	15
Технологические печи	7	11	12
Ректификационные и вакуумные колонны	3	11	12
Резервуарные парки	3	4	4
Прочие	31	28	7

Из таблицы 1 видно, высокая вероятность возникновения аварий и инцидентов не только связанных с эксплуатацией насосно-компрессорного оборудования, которые преобладают в общей структуре машин и оборудования и на типовом НПЗ составляют около 35% всего оборудования, но и на технологических трубопроводах, соединениях и арматуре. При этом на российских НПЗ, как свидетельствуют данные [3], более 32% аварий и инцидентов регистрируется именно при эксплуатации технологических трубопроводов, соединений и арматуры.

Причинами аварии на технологических трубопроводах, как правило, является нарушение его герметичности с последующей утечкой содержимого нефтепродукта в окружающую среду. Нарушение герметичности трубопровода проявляется в виде свищей, трещин, разрывов трубопровода, повреждений арматуры и т.п.

К причинам разгерметизации технологических трубопроводов относят: остаточные напряжения в материале трубопроводов в совокупности с напряжениями, возникающими при монтаже (сварке) и ремонте; температурные деформации; гидравлические удары; вибрация; превышение температуры и (или) давления; образование трещин сварных швов и околошовных зон; коррозию металла; неправильный подбор или установку прокладок; недостаточную затяжку крепежа фланцевых соединений и т.п.

Физический износ, механические повреждения или температурная деформация трубопроводов могут привести как к частичному, так и к полному разрушению трубопроводов и возникновению аварийной ситуации любого масштаба.

Механические повреждения чаще всего возникают при монтажных работах, которые могут привести к частичному разрушению трубопровода с разливом нефтепродукта и последующим взрывом и (или) пожаром.

Способствовать возникновению аварии на технологических трубопроводах могут не только технические неполадки, из-за которых происходит отступление технологических параметров от регламентных значений, но и человеческий фактор (неквалифицированные, нескоординированные, несогласованные и ошибочные действия персонала; низкий уровень трудовой дисциплины; нарушение технологического регламента или проекта по проведению работ; отступление от требований проекта при ремонтных работах; некачественный монтаж и проведение ремонтных работ; недостаточный контроль за ведением работ повышенной опасности, в том числе проведение огневых работ на неподготовленном месте) и внешние воздействия техногенного или природного характера.

При рассмотрении технических причин различают две группы факторов, которые влияют на повреждения технологических трубопроводов: снижение несущей способности трубопровода и увеличение нагрузок на трубопроводы и (или) воздействий на них.

Значительную долю причин аварий, регистрируемых на технологических трубопроводах НПЗ в последние годы составляют скрытые дефекты различного происхождения: металлургические, сварочные, механические, коррозионные. Дефекты

усугубляют ситуацию в том случае, если допущены конструктивные ошибки либо просчеты, а также возможны перегрузки, такие как гидроудары, перенапряжения, нарушена защита от коррозии.

Воспламенение нефтепродуктов при разгерметизации технологических трубопроводов НПЗ обусловлено нагретой до высокой температуры поверхности оборудования; отсутствием защиты от статического электричества и грозových разрядов; открытого огня от незатушенных печей либо газозлектросварочных работ; искр от неисправного оборудования; повышения температуры при трении; самовоспламенения продуктов.

Анализ статистических данных [1-5] показывает, что аварийные ситуации на технологических трубопроводах НПЗ в значительной степени связаны с коррозионно-эрозионным износом, обусловленным наличием агрессивных компонентов, присутствующих в высокосернистой нефти, хлорорганических соединений и вспомогательных реагентов.

Под коррозией металлов понимают процесс разрушения металла или изменение его свойств в результате химического, электрохимического, физико-химического взаимодействия с окружающей средой, что связано с термодинамической неустойчивостью конструкционных материалов к воздействию веществ, которые находятся в контактирующей среде. Процесс коррозии начинается с поверхности металла и распространяется вглубь его. Для технологических трубопроводов НПЗ характерны такие виды коррозии как точечная, щелевая, межкристаллитная, коррозионное растрескивание под напряжением, растрескивание под действием напряжений в сульфидсодержащей среде, водородное охрупчивание, коррозии под действием щелочной воды с содержанием сероводорода.

Технологические трубопроводы НПЗ, как правило, предназначены для транспортировки нефтепродуктов с высокой коррозионной активностью. В связи с этим, сроки службы технологических трубопроводов и оборудования бывают значительно ниже нормативных и составляют от 2 до 15 лет. Значительный риск коррозионного разрушения технологических трубопроводов НПЗ, обуславливает необходимость комплексного подхода на стадии разработки его проекта с учетом свойств перекачиваемого продукта.

Для защиты технологических трубопроводов НПЗ от коррозии рекомендуется:

- применять стальные термообработанные трубы с повышенной коррозионной стойкостью (при возможности с полимерным покрытием и изоляцией);
- использовать трубы с большей толщиной стенки по сравнению с расчетной;
- применять, по возможности, жаропрочные (15Х5М-У), коррозионно-стойкие стали (12Х18Н10Т) и т.п.;
- наносить антикоррозионное покрытие на трубы;
- применять для сварных швов термоусаживающиеся материалы, предназначенные для антикоррозионной защиты сварных соединений;
- предусматривать обогрев трубопровода (во избежание замерзания нефтепродукта с последующим разрывом трубопровода);
- производить сварку и контроль сварных стыков трубопроводов согласно правилам безопасной эксплуатации технологических трубопроводов, ГОСТ 5264-80, ГОСТ 16037-80, ГОСТ 11534-75;
- испытывать трубы пробным гидравлическим давлением и иметь данные в паспорте о величине гидроиспытания (пневмоиспытания);
- рассчитывать срок службы трубопроводов согласно ГОСТ 32388-2013;
- иметь паспорта для каждого трубопровода со всеми внесенными данными.

На этапе проектирования необходимо подбирать наиболее рациональное решение, эффективность которого оценивается как с точки зрения стоимости, так и с точки зрения надежности и безопасности при эксплуатации технологических трубопроводов НПЗ. Потенциальные аварийные ситуации в настоящее время моделируются при помощи современных компьютерных программ, анализируются методами HAZID (идентификации опасностей) и HAZOP (анализа надежности и работоспособности), что позволяет обеспечить

квалифицированное принятие технических и технологических решений на всех стадиях проектирования.

Процесс проектирования технологических трубопроводов НПЗ заключается в разработке проектной документации. Современные технологии компьютерного проектирования строятся на новом подходе к проектированию, когда вместо традиционного набора чертежей проекта, создается единый трехмерный чертеж, так называемая, 3D-модель, которая несет в себе следующую информацию:

- геометрические параметры (размеры, расположение, объем и т.д.);
- физические параметры (масса, материал и т.д.);
- присвоенные (назначенные) параметры (имя, сечение, маркировка, ГОСТ и т.д.).

3D-моделирование – процесс создания визуальной трёхмерной модели объекта с помощью специализированных программ. В настоящее время возможности компьютерных программ позволяют создавать 3D-модели объектов производства с высокой степенью детализации. Лидером в этой области проектирования, применяемые в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, является компания Autodesk. Разработки проектов в 3D позволят сократить сроки их выполнения за счет следующего:

1. Организация совместной работы над проектом из разных точек с различными специализациями и квалификацией проектировщиков. Работа с трехмерными моделями дает возможность одновременно работать инженерам с 3D-моделью и базой данных проекта с доступом отдельных специалистов (или структур) и групп к каким-либо разделам проекта; работать на основе единых каталогов и классов (так называемых «миникаталогов»); своевременно передавать данные между другими инженерами; возможность удалённой работы над проектом, что особенно актуально в период сложной эпидемиологической ситуации.

2. Применение оперативных методов проектирования позволяет быстро выполнять проектирование. Трёхмерная система позволяет обеспечивать автоматизацию различных процессов, начиная от поиска геометрии технологического трубопровода и выбора его элементов из каталога, заканчивая автоматическим созданием чертежа; моментально вносить изменения в проект (путем внесения изменений только в трёхмерную модель и базу данных проекта, после чего программа сгенерирует чертёж в других разделах проекта); большой выбор редактирования (при 3D-моделировании поддерживаются инструменты редактирования, которые сохраняют целостность всей модели и упрощают внесение изменений; например, при изменении расположения оборудования компьютерная программа может самостоятельно изменять геометрию трубопровода со всеми элементами).

Для улучшения качества новых проектов можно использовать встроенные функции обнаружения коллизий (наложение кадров). Предусмотренные в системе 3D-моделирования данный инструмент позволяет обнаружить и устранить пересечения элементов проекта (трубопроводов, строительных конструкций, оборудования и т.п.). С помощью данной функции можно уменьшить количество данных ошибок и тем самым снизить затраты на их последующее устранение в процессе монтажа.

Проектирование с использованием 3D-моделей базируется на основе принципов:

- проектирование посредством моделирования (автоматическая генерация данных);
- использование «умных» объектов (автоматический расчет и вывод данных);
- организация сквозного потока информации (учет всей информации от стадии проектирования до монтажа).

При этом, трёхмерная модель создается благодаря совместной работе над новым проектом проектировщиков с разной направленностью, что снижает долю субъективного аспекта риска. Следует отметить, что на отечественных НПЗ недостаточно широко внедрены системы 3D-моделирования, несмотря на все имеющиеся преимущества. 3D-модель позволяет собрать и обработать всю информацию об объекте в процессе проектирования и строительства, наблюдать за выполнением хода работы с точной детализацией с помощью

сетевого графика. На его основе производится разработка плана мероприятий с учетом эффективного использования ресурсов по заданным критериям.

Использование современных технологий при проектировании технологических трубопроводов НПЗ позволит получить объективную информацию о степени опасности проектируемого объекта, на основе которой, в последующем, возможно ранжирование прилегающих территорий по уровню риска, выявление зоны и территорий, где необходимо ужесточение производственного контроля и разработка эффективных превентивных мер по снижению риска аварийных ситуаций и обеспечения безопасности производственного персонала и населения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kozhemyatov K.Y. The improving of the safety level of the equipment working under excessive pressure /K.Y. Kozhemyatov, Y.A. Bulauka// Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2019-Litvinenko (Ed), 2020 Taylor & Francis Group, London - DOI:10.1201/9781003014638, .-Volume 2 - P.822-831.
2. Kozhemyatov K.Y. Analysis of equipment life cycle at oil refinery/ K.Y. Kozhemyatov, Y A Bulauka, // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 687.- art. No 066038.- DOI:10.1088/1757-899X/687/6/066038.
3. Краснов А.В. Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007-2016 гг. / Краснов А.В., Садыкова З.Х, Пережогин Д.Ю., Мухин И.А.// Электронный научный журнал нефтегазовое дело. – 2017. –УГНТУ – №6 – С. 179-191.
4. Булавка Ю.А. Апостериорная оценка состояния аварийности на нефтеперерабатывающем предприятии/ Булавка Ю.А., Смиловенко О.О., Коваленко П.В., Сташевич Е.В. // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки.– 2012 . – № 9. С.122-128.
5. Ходжаев Г.К. Оценка риска аварийности нефтепроводных систем в аспекте геодинамических процессов: Монография. – Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2016. – с. 132.



## АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

ИВШИНА К.В.  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

**Аннотация:** В статье рассматриваются автономные системы электроснабжения (АСЭ), возможные схемы включения человека в электрическую сеть в этих системах. Обосновано определение АСЭ.

**Ключевые слова:** автономная система электроснабжения, средства обеспечения электробезопасности, изолированная нейтраль.

## AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEMS AS A MEANS OF ENSURING ELECTRICAL SAFETY IN OPEN PIT MINING

**Abstract:** The article discusses autonomous power supply systems. Options for including a person in the electrical network in these systems.. The definition of autonomous power supply systems is given.

**Keywords:** autonomous power supply system, electrical safety equipment, isolated neutral.

Электрификация во всем мире фактически начиналась с автономных систем электроснабжения [4]. Генератор постоянного тока обеспечивал электроэнергией потребители примерно в радиусе 250 м от места нахождения источника энергии. И лишь благодаря таланту нашего соотечественника М.О. Доливо-Добровольского случилось появление трехфазной системы напряжения, и появился прообраз современных энергетических систем.

Казалось бы, АСЭ должны были кануть в лету, однако развитие электротехники и энергетики, широкое применение электричества не только в различных отраслях экономики, но и в военной и космической технике вернуло к жизни эти системы. А стремление человечества к единению с природой также потребовало возвращения к развитию подобных систем.

Вместе с тем нормативно-техническая литература до сих пор не дает четкого определения, что такое автономная система электроснабжения.

Так, в действующих Правилах устройства электроустановок (ПУЭ), а это главнейший документ, определяющий надежность и безопасность систем электроснабжения, отсутствует определение автономных систем электроснабжения. В главе 1.7 [3] выделяется только автономный передвижной источник питания электроэнергией, который всегда может быть заменен на стационарный или предусматривается его возможное соединение с сетью. В этом случае будет отсутствовать полная автономизация.

В пособии по проектированию автономных инженерных систем многоквартирных жилых домов есть определение АСЭ, которое содержит противоречие с основным нормативным документом, поскольку электроустановка согласно ПУЭ это «совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии» [2, 3]. Следовательно, такое определение АСЭ не может применяться.

Профессор Н.И. Григораш считает, что автономная система электроснабжения – это «комплекс электротехнических устройств, взаимодействующих между собой в сложном

процессе производства, преобразования, передачи и распределения электрической энергии с заданными параметрами между потребителями» [1].

Для нас же важна полная автономность сети, в связи с этим, мы предлагаем определить, следующим образом, такую специфическую систему как АСЭ. Автономная система электроснабжения – это система, предназначенная для производства, преобразования, трансформации, распределения электрической энергии, источник которой независим от стационарных источников электроэнергии и обеспечивает потребителей электропитанием, как правило, при отсутствии основной сети.

Автономные системы электроснабжения широко применяются во многих отраслях экономики, в том числе при ведении открытых горных работ. Это связано с освоением и разработкой особо удаленных от энергосистем месторождений в различных регионах. Тянуть линию электропередачи в труднодоступные места экономически не выгодно. АСЭ могут применяться на карьерах, которые не содержат больших запасов полезных ископаемых, но их добыча важна. Представляют интерес небольшие карьеры, не имеющие стационарного оборудования для ведения работ. В таких местах целесообразно развернуть АСЭ для питания горного оборудования. Достоинством АСЭ является ее мобильность – возможность перемещения от одного места к другому, соответственно, такую систему можно использовать многократно. Из сказанного следует, что построение АСЭ и безопасная работа этих систем является актуальным.

В действующих ПУЭ [3] не только не дано определения АСЭ, но и не приведена их классификация и, соответственно, к ним не предъявляются какие-либо специфические требования по вопросу обеспечения электробезопасности и обслуживания этих систем.

Исходя из того, что АСЭ имеют собственные автономные источники электроэнергии, то, согласно пункту 1.7.157 [3] нейтраль должна быть изолирована от земли.

Рассмотрим 5 вариантов включения человека в электрическую цепь с изолированной нейтралью и оценим влияние факторов на величину тока, протекающего через тело человека. Варианты представлены на рисунке 1.

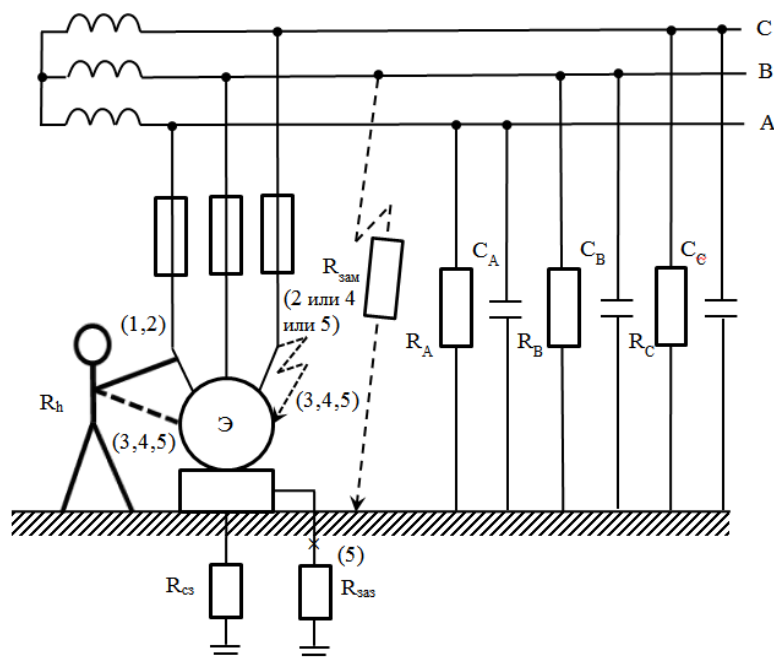


Рисунок 1 – Возможные варианты возникновения электрической цепи через тело человека в сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В

В первом варианте ток через тело человека определяется параметрами изоляции фаз сети относительно земли ( $R$  и  $C$ ), собственным сопротивлением тела человека ( $R_h$ ),

изолирующими сопротивлениями обуви ( $r_{об}$ ) и пола ( $r_{п}$ ). С учетом перечисленных сопротивлений ток через тело человека может составлять доли мА.

В этом случае при несимметрии сопротивлений изоляции фаз сети относительно земли

$$R_A \neq R_B \neq R_C \text{ и } C_A \neq C_B \neq C_C$$

ток через тело человека определяется по формуле:

$$I_h = U_{\phi} Y_h \frac{Y_B(1 - a^2) + Y_C(1 - a)}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_n},$$

где  $Y_{A,B,C}$  – полные проводимости изоляции фаз сети относительно земли.

Учитывая сложность определения параметров изоляции фаз сети относительно земли, ток через тело человека без ущерба для точности решения можно определить по формуле:

$$I_h = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{\left[ R_h + \frac{dU_{\phi}}{(1+d^2)I_c} \right]^2 + \left[ \frac{U_{\phi}}{(1+d^2)I_c} \right]^2}},$$

где  $d$  – коэффициент успокоения сети,  $d = \frac{1}{\omega R_{\phi} C_{\phi}}$ ;

$\omega$  – угловая частота,  $\omega = 2\pi f$  и  $\approx 314 \text{ с}^{-1}$ ;

$I_c$  – емкостный ток однофазного замыкания на землю,  $I_c = U_{\phi} \cdot 3\omega C_{\phi}$ ;

$R_{\phi}$  – активное сопротивление изоляции фазы сети относительно земли;

$C_{\phi}$  – емкость изоляции фазы сети относительно земли.

Во втором случае ток через тело человека определяется по формуле:

$$I_h = \frac{U_{\phi} \sqrt{3}}{R_h + r_{об} + r_{п}}.$$

Третий вариант, когда человек касается корпуса электроприемника (Э), а в это время одна из фаз (на рисунке 1 это фаза С) замыкает на корпус электроприемника. Корпус оказывается под напряжением, а потенциал корпуса относительно земли будет равен произведению тока однофазного замыкания на сопротивление заземляющего устройства (на рисунке 1  $R_{зaz}$ ).

Приложенное к телу человека напряжение (напряжение прикосновения) приведет к протеканию через тело тока, величина которого будет зависеть от  $R_h$ ,  $r_{об}$  и  $r_{п}$ .

Для этого варианта ток через тело человека может быть найден по формуле:

$$I_h = \frac{I_c \cdot R_{зaz}}{R_h + r_{об} + r_{п}}.$$

Кроме прикосновения человека к корпусу электроприемника (Э) и замыкания фазы на этот корпус в сети произошло замыкание другой фазы на землю (на рисунке 1 это фаза В).

В этом случае ток замыкания резко возрастает, потенциал на корпусе электроприемника (Э) увеличивается и, соответственно, увеличивается напряжение прикосновения. Его величина будет определяться сопротивлением заземляющего устройства ( $R_{зaz}$ ). Ток же через тело человека будет зависеть не только от величины напряжения прикосновения, но и от собственного сопротивления тела ( $R_h$ ), изолирующих сопротивлений обуви ( $r_{об}$ ) и пола ( $r_{п}$ ).

Здесь ток через тело человека будет определяться выражением:

$$I_h = \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3} \cdot R_{\text{заз}}}{(R_{\text{зам}} + R_{\text{заз}})(R_h + r_{\text{об}} + r_{\text{п}})}$$

Непрерывность заземляющих проводников, связывающих корпус электроприемника (Э) с заземлителем, может быть нарушена по тем или иным причинам. В этом случае замыкание фазы сети на землю (на рисунке 1 фаза В), при условии замыкания другой фазы на корпус электроприемника (Э) и прикосновении человека к этому корпусу условия электробезопасности будут определяться сопротивлением самозаземления ( $R_{\text{сз}}$ ) корпуса электроприемника (Э). Это сопротивление ( $R_{\text{сз}}$ ) определяется, в основном, двумя параметрами: площадью соприкосновения корпуса электроприемника (Э) с проводящим основанием и его удельным сопротивлением.

Ток через тело человека определяется по формуле:

$$I_h = \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3} \cdot R_{\text{сз}}}{(R_{\text{зам}} + R_{\text{сз}})(R_h + r_{\text{об}} + r_{\text{п}})}$$

Учитывая изолированный режим нейтрали, в ряде случаев эквивалентное сопротивление изоляции сети относительно земли будет достаточным для того, чтобы обеспечить при прикосновении человека к одной из фаз ток значительно меньший, чем неотпускающий. АСЭ могут иметь небольшую протяженность и, соответственно, снижается вероятность возникновения повреждения изоляции. Если выполнять сети самонесущим изолированным проводом (СИП), где нет открытых проводящих частей, то вероятность поражения человека электрическим током существенно снизится.

Через мощность установленного источника питания в АСЭ можно найти примерную протяженность электрической сети и на основании этих данных определить оптимальный состав СОЭ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григораш, Н.И. Системы автономного электроснабжения: монография [Текст] / О.В. Григораш, Н.И. Богатырев, Н.Н. Курзин. – Краснодар: Б/И, 2001. – 333 с.
2. Пособие по проектированию автономных инженерных систем многоквартирных и блокированных жилых домов [Текст] / Минстрой России. – МДС 40-2.2000. – М., 1997.
3. Правила устройства электроустановок [Текст]: утв. Приказом Минэнерго России от 20 июня 2003 г. № 242 / М-во энергетики Российской Федерации. – 7-е изд. – М.: Изд-во НПЦ ЭНАС, 2003.
4. Сидоров, А.И. История развития средств и способов электробезопасности: учебное пособие / А.И. Сидоров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 74 с.

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОГЕННОГО ЛАНДШАФТА  
ДЕГТЯРСКОЙ ЗОНЫ ПОСТЭКСПЛУАТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

КИНДЛЕР А.А.

ФБГУ «Гидроспецгеология», филиал «Уральский региональный центр ГМСН», e-mail: kindler@gmsn-ural.ru.

**Аннотация:** В статье приводится пример практического использования беспилотных летательных аппаратов, как одним из методов сбора геопространственных данных в рамках государственного мониторинга состояния недр. В качестве рассматриваемого объекта выбран зона один из техногенных объектов в пределах Дегтярской зоны постэксплуатации.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, мониторинг состояния недр, оперативная аэрофотосъемка, Дегтярские рудник.

**EVALUATION OF ELEMENTS PARAMETERS A TECHNOGENIC LANDSCAPE  
IN DEGTYARSKY POST-EXPLOITATION ZONE USING DRONES**

**Abstract:** The article provides an example of the practical use of unmanned aerial vehicles, as one of the methods for collecting geospatial data in the framework of state monitoring of the state of the subsoil. As the object under consideration, one of the technogenic objects within the Degtyarsky post-exploitation zone was selected.

**Key words:** drones, environmental monitoring, operational aerial photography, Degtyarsky mine.

Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на сегодняшний день является одним из активно развивающихся направлений метода сбора геопространственных данных. Данный способ сбора информации обладает целым рядом положительных особенностей относительно многих «классических» инструментальных методов – в основном это детальность получаемого материала. Так, например, снимок является непрерывной серией точек с записанной в них информацией (координаты и абсолютная высота), в то время как при геодезической съемке частота точек обуславливается масштабом проводимых работ (расстояние между точками сети измеряются десятками метров), соответственно при построение рельефа по геодезическим данным будет использоваться интерполяция (добавление промежуточных значений между наблюдаемыми точками), в то время как для данных ДЗЗ качество построенного рельефа будет зависеть от конечного масштаба желаемой карты. То есть возможно построить более подробный (с малым шагом изолиний), либо напротив разряженный рельеф территории без значительной потери качества в виду большого ряда исходным данных в снимке. Вторым же значительным положительным качеством является наиболее реалистичное изображение местности по сравнению с картами и схемами [3].

В общем случае получаемые снимки можно разделить на три категории:

Космоснимки (КС) – получаемые с применением авиационных и космических средств, обладающие большим охватом территории (км<sup>2</sup> на снимок) и достаточным для оценки ситуации в целом пространственным разрешением.

Аэрофотоснимки (АС) – получаемые с применением самолетов или вертолетов обладающие меньшим относительно КС охватом территории, но при этом большей детальностью снимаемого объекта. Подходят при определении границ и рельефа территорий, изучении окружающей среды и др.

Аэрофотосъемка с помощью небольших беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, они же дроны) – обладают наименьшим из представленных типов снимков охватом территории, при высокой детальности снимаемого объекта, идеально подходят для изучения отдельных проявлений или объектов.

Для того, чтобы оценить место каждой из представленных технологий среди существующих способов съемки предлагается взглянуть на график, представленный на рис.1. На нем же отображены технические параметры каждой категории снимков. Для целей мониторинга идеальными инструментом являются две из представленных технологии: КС для разработки маршрутов обследования, которые как правило представлены бесплатными ресурсами (Google и Yandex карты) и БПЛА.

Как видно из рисунка 1, использование БПЛА актуально в случае, когда необходимо быстро получить точные данные на небольшие по площади территории. Себестоимость получаемых снимков на начальном этапе работы равняется стоимости самого летательного аппарата и программного комплекса (AgisoftMetashape и Arcgis (QGIS, либо любая другая ГИС система [2]), однако стоит отметить, что последующие траты будут незначительными. Таким образом, приобретя БПЛА и комплекс для обработки фотоснимков, организация может использовать его неограниченное количество раз для неограниченной территории. Таким образом цена каждого последующего снимка будет снижаться и в конечном счете сведена к минимуму, в отличие от аэрофотоснимков, где каждый снимок будет иметь определенную стоимость.

Полученные с БПЛА снимки обладают географической привязкой, что позволяет не только получить картину ситуации на изучаемой местности, но и производиться ряд математических операций, направленных на получение качественно новой информации. Одним из наиболее простых примеров является построение ситуационных карт территории, где в качестве географической подложки используется ряд снимков, полученных с БПЛА. Другим примером являются 3D модели, с возможность расчета объемов или представление одного и того же проявления в неограниченном количестве ракурсов.



Рисунок 1. Параметры каждой категории снимков.

С 2019 в рамках государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) в состав исследований помимо традиционных инструментальных методов стала входить дистанционная аэрофотофиксация проявлений опасных экзогенных геологических процессов (ЭГП) и отдельных проявлений техногенеза с помощью беспилотного летательного аппарата Phantom-4 PRO. В рамках ведения работ по оценке опасных ЭГП на территории Свердловской области выполнено обследование Дегтярской зоны постэксплуатации. В виду активной горнодобывающей деятельности, на этой территории оказано существенное влияние техногенных процессов на окружающую среду. Территория рудника по окончании отработки и прекращению дренажных мероприятий покрыта сетью провалов различного размера и канав, карьерными и подотвальными озерами, терриконами (высотой 50-60 м), а почвенный покров восстановился не повсеместно и характеризуется малой мощностью.

Фотофиксацией отдельных проявлений производилась на различных высотах от 30 до 120 м в зависимости от размера проявлений, сам маршрут полета проектируется таким образом, чтобы получаемые снимки располагались непосредственно над снимаемым линейным объектом строго вертикально. Перекрытие для съемки с БПЛА должна составлять порядка 60-80%. Благодаря тому, что все снимки являются координатно-привязанными в будущем возможно наложение их на различные карты либо снимки прошлых лет, что особенно важно при оценке изменения размера отдельного проявления, комбинировании одного изображения из серии снимков, построении объемных моделей и изолиний рельефа, морфометрических профилей и др. Общая площадь охвата одного снимка будет зависеть от высоты съемки (Таблица 1).

Таблица 1. Площадь охвата территории при различной высоте

Высота камеры над поверхностью земли (м)	Ширина изображения проекции одного кадра на земле (м)	Высота изображения проекции одного кадра на земле (м)
120	210	157,5
70	122,5	91,875
30	52,5	39,375

Построение модели позволяет не только наглядно отобразить ситуацию на территории, но и представить один и тот же объект (проявление) с множества ракурсов для его наилучшего изучения в рамках текущей работы и при проектировании работ для последующих обследований. Одним из примеров такой модели является террикон у бывшей шахты Капитальная 1 (рисунок 2).

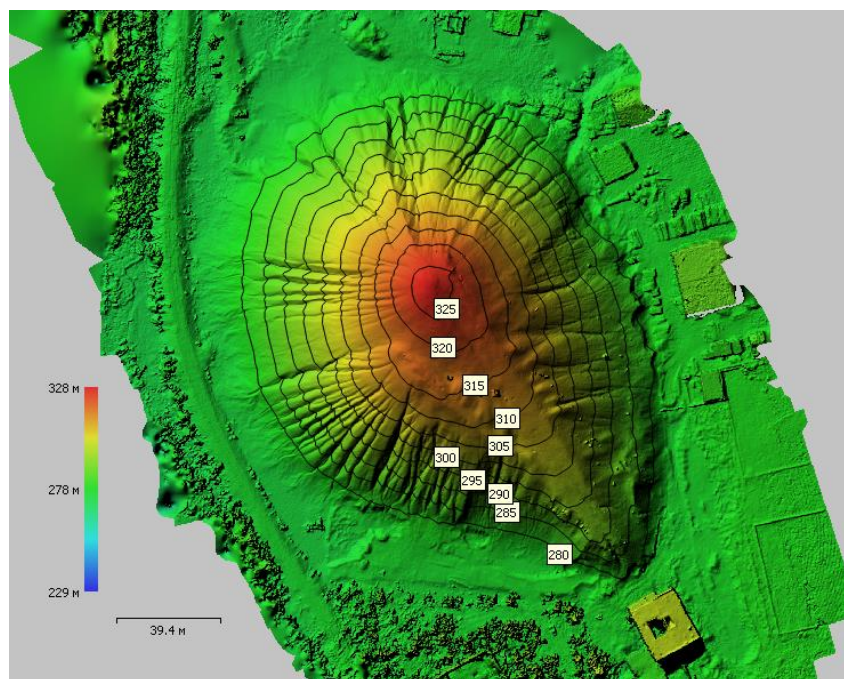


Рисунок 2. 3D модель отвала пустой породы

Как видно из рисунка 2, выполнено не только построение 3D модели, но и произведен расчет изогипс рельефа. Построение производится на основе карты высот (рис. 3), ошибочные значения отбраковываются на этапе постобработки (изогипсы отрисованные вокруг зданий, сооружений и др.) частота изолиний определяется вручную и в данном случае шаг составил 5 м. По полученным данным можно произвести расчет объема содержащейся в отвале пустой породы. Точность измерения будет зависеть от частоты изолиний, расчет объема выполнен на основе 11 изолиний рельефа и представлен в таблице 2.

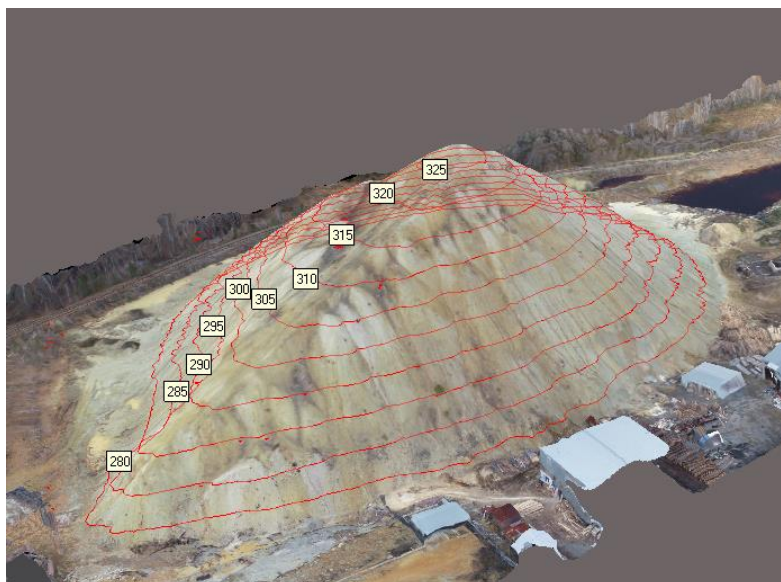


Рисунок 3. Карта высот построенная на основе аэрофотофиксации БПЛА

Таблица 2 - Расчет объема пустой породы на основе изолиний рельефа

Абсолютная отметка изолинии рельефа	Площадь каждого пласта, м <sup>2</sup>	Шаг изолинии, м	Объем каждого пласта, м <sup>3</sup>
275	26993,90	5	134969,50
280	20310,90	5	101554,50
285	16787,10	5	83935,50
290	13584,30	5	67921,50
295	10763,70	5	53818,50
300	8315,94	5	41579,70
305	6187,55	5	30937,75
310	4262,96	5	21314,80
315	2556,79	5	12783,95
320	1084,61	5	5423,05
325	233,27	2,5	583,17
<b>Суммарный расчетный объем, м<sup>3</sup></b>			<b>554821,92</b>

Во многих случаях такие сведения сложно получить стандартными инструментальными методами не только в виду большой протяженности или сложной формы проявления объекта, но и в виду достаточно высокой опасности или нестабильности проявления. В данном случае к ней относятся неустойчивая (осыпающаяся) поверхность и достаточно крутые углы подъема. Рассчитанный объем и форму рельефа в дальнейшем можно будет сопоставлять с более свежими снимками, получая сведения о динамике разрушения террикона.

Подобный метод также актуален при замерах опасных ЭГП [1], где при наложении друг на друга разновременных снимков можно проследить динамику процесса. Общий объем полученной с помощью БПЛА информации позволяет безопасно и с достаточной точностью определить глубину, площадь, общий объем отдельных проявлений, скорость их развития,



углы склона, в том числе и на труднодоступных участках, а в некоторых случаях применение БПЛА является единственным возможным вариантом работы на территории в виду труднодоступность либо значительных временных затратах. В купе с достаточно высокой скоростью обследования территории это позволяет говорить о перспективном использовании БПЛА в целях ведения работ по ГМСН.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гармаев Е.Ж. Мониторинг развития оврагов склонового типа селенгинского среднегорья [текст] / Е.Ж. Гармаев, Б.З. Цыдыпов, В.С. Батомункуев, Ц. Батчулуун, Р. Цолмон // XXXVI пленум геоморфологической комиссии российской академии: Всероссийской научно-практической конференции 24-28 сентября 2018. Барнаул: 2018, С. 115-118.

2. Спириденко Е. Анализ использования беспилотных летательных аппаратов и программного обеспечения для обработки аэрофотоснимков [текст] / Е. Спириденко, Н. Б. Хахулина // материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов 15-17 ноября 2016 г., «Инновационные технологии и технические средства для АПК». Воронеж: 2016, С. 170-173.

3. Федосеева Н. А. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов [текст] / Н. А. Федосеева, М. В. Загвоздкин // Научный журнал, Иваново: 2017, Выпуск 9 (22), С. 26-29.

УДК 622.861 (574)

### СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ КАЗАХСТАНА

ОСТАНИН А.А., САТТАРОВА Г.С.

Карагандинский Государственный технический университет

**Аннотация:** В данной статье представлены результаты статистического анализа производственного травматизма, произошедшего на угольных шахтах Казахстана за 2015-2019 года. При анализе учитывались сведения о пострадавших (стаж, возраст) и данные о времени происшествия (месяц года, день недели и рабочая смена). Это позволило установить динамику случаев производственного травматизма по времени происшествия и человеческому фактору и дать рекомендации по ее снижению.

**Ключевые слова:** производственный травматизм, угольные шахты.

### STATISTICAL ANALYSIS OF INDUSTRIAL INJURIES IN COAL MINES IN KAZAKHSTAN

**Abstract:** This article presents the results of statistical analysis of industrial injuries that occurred at coal mines in Kazakhstan in 2015-2019. The analysis took into account information about the victims (length of service, age) and data about the time of the incident (month of the year, day of the week and work shift). This allowed us to determine the dynamics of industrial injuries by the time of the accident and the human factor and to make recommendations for its reduction.

**Keywords:** industrial injuries, coal mines.

Одной из наиболее крупных отраслей в экономике Казахстана является угольная промышленность. Наша страна занимает 8 место в мире по объему геологических запасов угля, который превышает 283 млрд.т. [1].

На сегодняшний день, добыча угля сопровождается высоким уровнем производственного травматизма на угольных шахтах, что является одной из основных проблем в области безопасности и охраны труда на горных предприятиях. Технологический процесс добычи угля сопровождается опасными производственными факторами, такими как движущиеся машины и механизмы, подвижные элементы производственного оборудования, электрический ток, замкнутое пространство, обрушение горной массы, которые влекут за собой случаи производственного травматизма [2,3].

В связи с этим, целью исследования является выявление и анализ возможных причин производственного травматизма посредством применения статистического метода. Данный метод исследования дает возможность получить общую картину состояния травматизма, установить его динамику, выявить определенные связи и зависимости.

В статье проведен статистический анализ случаев производственного травматизма произошедших на шахтах Карагандинского угольного бассейна за 2015 -2019 год. Анализ травматизма был проведен по временному фактору: месяц, день недели и рабочая смена, а также по возрасту и стажу пострадавших.

На рисунках 1, 2, 3 представлено распределение производственных травм по временному фактору, что позволило выявить неблагоприятный период в рабочем году, неделе и смене.

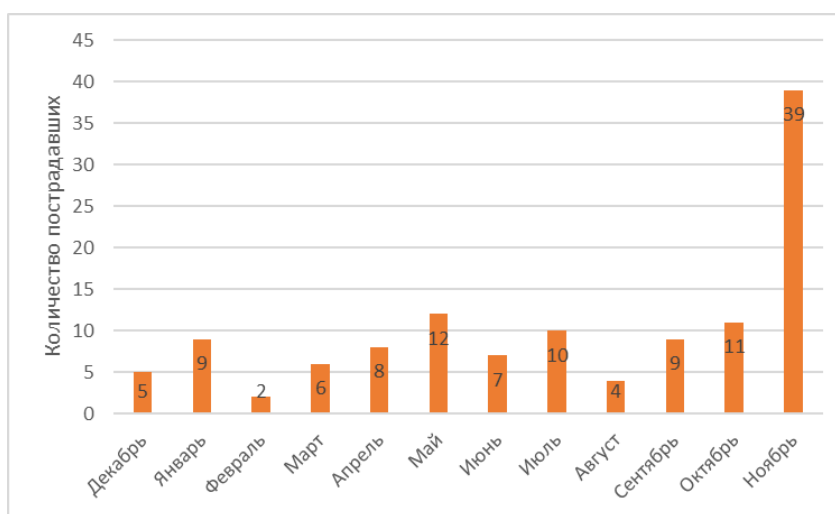


Рисунок 1 – Распределение количества производственных травм по месяцам

Как показано на рисунке 1, высокий уровень травматизма приходится на конец рабочего года. Резкое увеличение количества травм в ноябре месяце объясняется тем, что сроки выполнения годового плана добычи угля подходят к концу и руководство шахт требует закрытие плана до начала зимнего периода. В связи с этим состояние безопасности уходит на второй план, чаще происходят нарушения технологического процесса, пренебрежение требованиями охраны труда и техники безопасности, что приводит к росту уровня случаев производственного травматизма.

Распределение травм по дням недели дает определенную статистику, в какие именно дни чаще происходит травмирование работников.

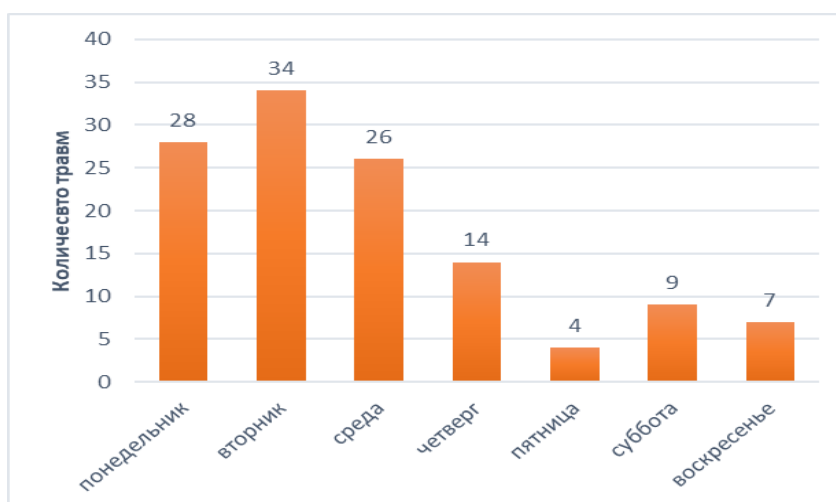


Рисунок 2 – Распределение количества производственных травм по дням недели

Распределение количества производственных травм по дням недели, представленное на рисунке 2 показывает, что в начале рабочей недели наблюдается резкий подъем количества травм, а концу недели - их резкий спад. Минимальное число травм выпадает на пятницу, так как в этот день на шахтах проводятся мероприятия по безопасности и охране труда. Главные инженеры по охране труда и техники безопасности в этот день проводят дополнительные инструктажи, информируют и предупреждают работников об опасных и вредных производственных факторах рабочей среды. В субботу и в воскресенье эффект данных мероприятий сохраняется.

Производственный процесс на угольных шахтах выполняется непрерывно, следовательно, шахты работают круглосуточно. Для такого режима работы установлен четырех сменный график: 1 смена (утренняя) – 8:00-14:00, 2 смена (дневная) – 14:00-20:00, 3 смена (вечерняя) – 20:00-2:00, 4 смена (ночная) – 2:00-8:00. Распределение количества производственных травм по рабочим сменам, представленное на рисунке 3 показало, что большего всего случаев травматизма происходят в утреннюю смену. Это связано с тем что, утро не самый продуктивный период. С 7 до 10 часов утра организм человека только раскачивается, и все когнитивные процессы, такие как мышление, восприятие, ощущение и внимание протекают медленнее, чем в другое время суток [4], поэтому горняки еще не полностью сосредоточены на работе и не могут своевременно реагировать на возникающие опасные производственные факторы и попадают под их воздействие.

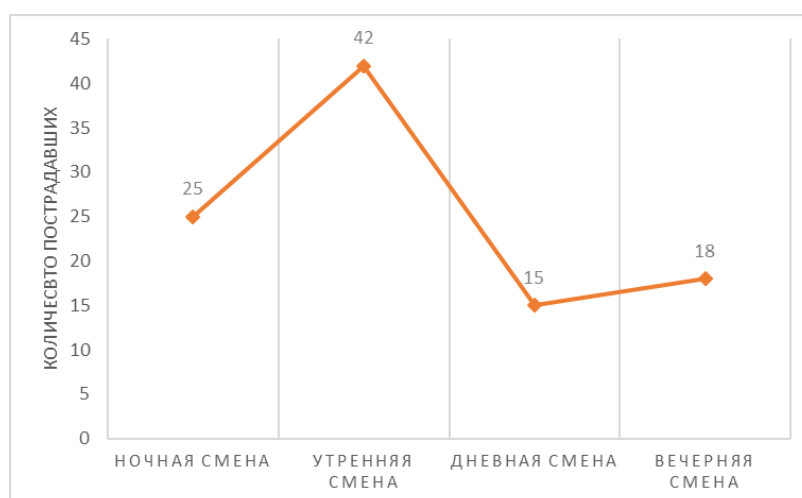


Рисунок 3 – Распределение количества производственных травм по рабочим сменам

Одним из основных факторов, определяющих склонность работника к травматизму, является возраст. Так, на рисунке 4 представлена динамика травматизма в зависимости от возраста пострадавшего.

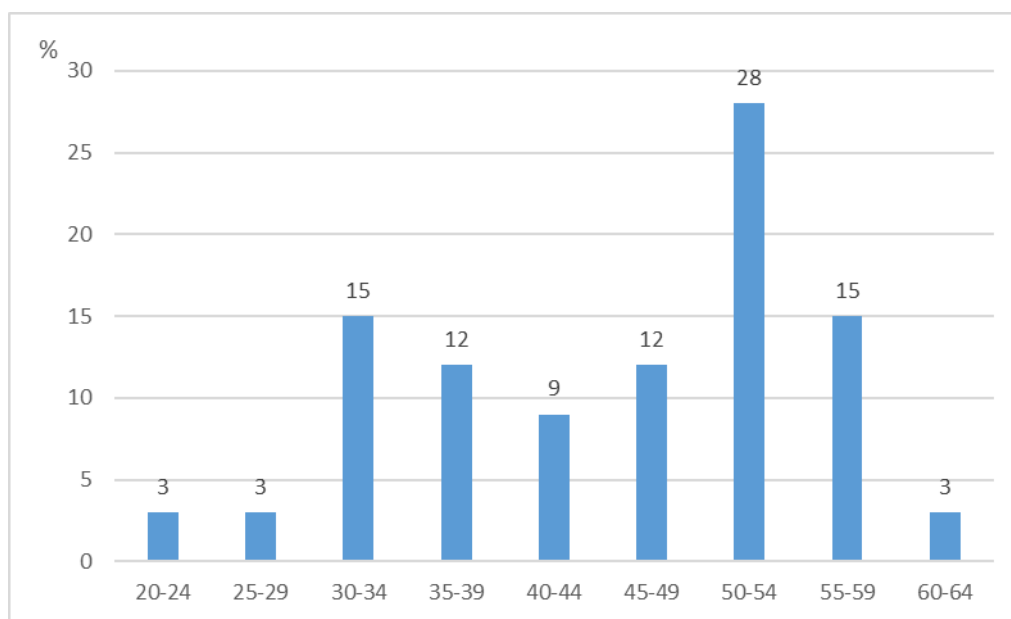


Рисунок 4 - Распределение травм по возрастным группам

По диаграмме видно, что наибольшую склонность к производственному травматизму имеют работники в возрасте от 50 до 59 лет. Данный факт объясняется тем, что работники данной возрастной категории из-за наличия большого профессионального опыта работы и излишней самоуверенности в своих способностях и возможностях, периодически пренебрегают требованиями охраны труда. Кроме того, у работников более зрелого возраста снижены психологические и физиологические функции организма (остроты зрения, быстроты реакции координации движений, памяти и т. д.), что приводит к снижению реакции на производственные опасности.

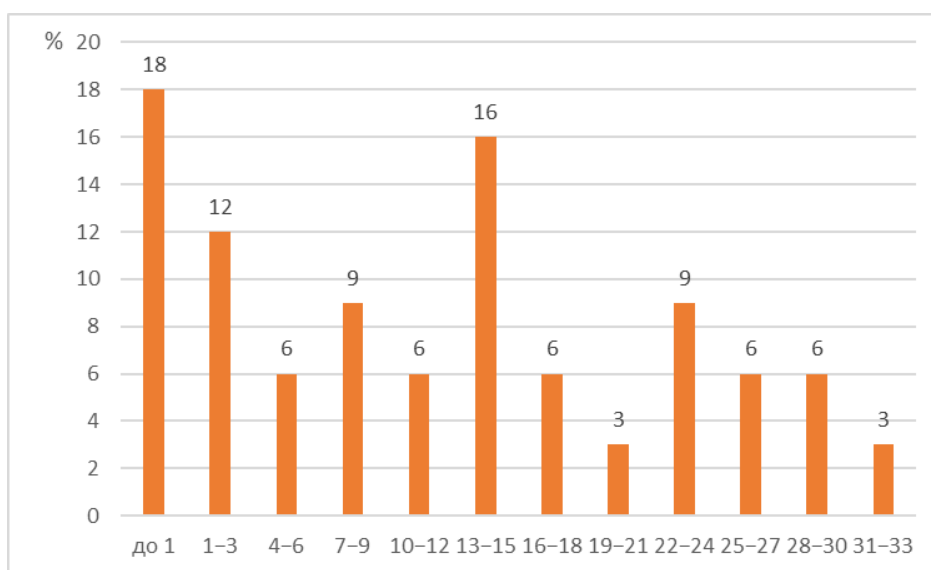


Рисунок 5 – Распределение производственных травм по стажу работы

Проведен анализ распределения производственных травм с учетом стажа работы (рисунок 5). Наибольший показатель травматизма 18% от всех случаев наблюдается у лиц стаж работы не превышающий одного года. 16% случаев травматизма имеют лица, стаж которых равен 13-

15 лет. Если в первом случае высокий показатель травматизма можно охарактеризовать неопытностью и некомпетентностью работников, то во втором случае причиной может являться чрезмерная самоуверенность, так как работники уже знакомы с производством и делают всю работу на автоматизме, пренебрегая требованиями техники безопасности.

Таким образом, статистический анализ производственного травматизма, произошедшего на угольных шахтах Казахстана, по временному фактору показал, что наибольшее количество случаев травматизма происходит в ноябре месяце, наиболее неблагоприятным днем недели зафиксирован вторник, а также чаще всего несчастные случаи, сопровождаемые травмами, происходят в утреннюю смену. Больше всего производственных травм на изучаемых предприятиях было зарегистрировано у лиц в возрасте от 50 до 59 лет. Оценка производственного травматизма в стажевом аспекте показала, что в основном травмировались лица при стаже работы до 1 года и от 13 до 15 лет.

В связи с этим на угольных шахтах рекомендуется предпринять следующие организационные меры для снижения производственного травматизма:

- в неблагоприятный временной период необходимо усилить производственный контроль, дополнительно проводить обучения безопасным методам и приемам выполнения работ и проверку знаний требований охраны труда, а также проводить дополнительное согласование работ с начальниками участков, бригадирами;

- работников возрастной группы от 50 до 59 лет привлекать для выполнения наименее интенсивных, сложных и опасных работ, при возможности отправлять на пенсию, компенсируя пенсионными выплатами.

- малоопытные сотрудники должны работать только в бригаде с более опытными, которые будут осуществлять постоянный контроль за начинающими работниками в течение рабочей смены и делиться своими навыками и опытом.

### **Библиографический список**

1. <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2016-05/top-10-stran-po-zapasam-uglya>
2. Чеботарев А.Г. Современные условия труда на горнодобывающих предприятиях и пути их нормализации // Горная промышленность. – 2012. - №2(84).
3. <https://www.protrud.com>
4. <https://www.kp.ru/putevoditel/zdorove/biologicheskie-chasy/>

## ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ТРУДА В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ПОПОВА Т.А., ЕЛОХИН В.А.

ФГБОУ ВО Уральский государственный горный университет

**Аннотация.** В материалах статьи автор рассматривает современное состояние системы охраны труда, действующей в объекте исследования. Внимание уделяется вопросам соответствия созданных условий нормативно-правовым актам, утвержденным на территории Российской Федерации на различном уровне. По результатам исследования даётся оценка на предмет удовлетворительного или нет состояния системы. Также даны рекомендации по совершенствованию существующей системы.

**Ключевые слова:** охрана труда, общеобразовательная организация, безопасность, технические аспекты.

## STUDY OF THE CURRENT STATE OF THE LABOR PROTECTION SYSTEM IN A GENERAL EDUCATION ORGANIZATION

**Abstract:** In the materials of the article, the author examines the current state of the labor protection system operating in the object of research. Attention is paid to the issues of compliance of the created conditions with the normative legal acts approved on the territory of the Russian Federation at various levels. Based on the results of the study, an assessment is given for the satisfactory or not state of the system. Recommendations for improving the existing system are also given.

**Keywords:** labor protection, educational organization, safety, technical aspects.

Обеспечение безопасности людей является первостепенной задачей в современном мире, где каждый день увеличивается число потенциально опасных факторов. Специалисты отмечают особенности, которые необходимо учитывать при обеспечении безопасности для зданий с массовым пребыванием людей; торговые центры, образовательные учреждения, дошкольные учреждения, театры, кинотеатры [2].

В данном исследовании рассматривалось одно из таких учреждений - муниципальное автономное общеобразовательное учреждение Новолялинского городского округа «Средняя общеобразовательная школа №12», которое является объектом с массовым пребыванием людей, среднеобразовательным учреждением.

Цель исследования: разработать комплекс рекомендаций по улучшению условий охраны труда в МАОУ НГО «СОШ №12».

Были изучены основы организации работы в направлении обеспечения охраны труда, и эта деятельность ведется в соответствии с действующими законодательными актами ответственными работниками школы, прошедшими специальное обучение.

Два раза в год все сотрудники проходят инструктаж по охране труда на рабочем месте и по предметам. Комиссия по охране труда уделяет большое внимание состоянию учебных помещений, территории школы (особенно в зимний период). Соблюдение правил охраны труда и техники безопасности сотрудниками школы помогает работать без производственных травм.

Специалист по охране труда и технике безопасности, руководитель структурного подразделения посещают уроки химии, физики, физической культуры, информатики, обслуживающего труда, технологии и многие кружки на предмет соблюдения должностных инструкций по охране труда данного предмета. Большое внимание уделяется молодым специалистам [3].

В рамках охраны труда и технике безопасности проходит проверка состояния электрохозяйства в школе, за которое несет ответственность сотрудник, имеющий четвертую группу допуска по электробезопасности и достаточный опыт работы.

Все электрооборудование в помещениях школы установлено в зоне, недоступной для детей. Например, нормированная высота расположения электрических розеток в комнатах для пребывания детей (комнаты для игр и занятий, групповая комната) предусматривается на 1800 мм от уровня пола.

Так же важным вопросом к рассмотрению является вопрос охраны труда сотрудников школ, обеспечивающих непрерывное поддержание работоспособности системы противопожарной безопасности объекта.

Мероприятия по пожарной безопасности в школе включают в себя формирование пакета документов:

- Декларации по противопожарной безопасности объекта.
- Инструкции по пожарной безопасности в школе.
- Журналов регистрации обучения.
- Документации о запрете курения в помещениях школы.
- Документации по проверке систем противопожарной автоматики, средств пожаротушения.

Так же составлен план противопожарных мероприятий на год.

Правила пожарной безопасности в школе обязывают производить контроль за исправным состоянием кровли здания и эвакуационных лестниц один раз в год. При этом выявление любых неисправностей сопровождается их последующим немедленным устранением [1].

Пожарная безопасность для детей в школе организована в виде тематических занятий, игр и конкурсов, чтобы привлечь внимание их к проблеме возникновения пожаров.

Исходя из вышеизложенной информации, были составлены следующие рекомендации, которые могут быть применены на объекте для улучшения существующей ситуации:

– Организация специально оборудованного кабинета охраны труда. Кабинет охраны труда в организации рекомендуется оборудовать в отдельном помещении. Кабинет оснащается учебными пособиями, техническими средствами, иллюстративными и информационными материалами по охране труда.

– Обязательной частью профилактики травматизма, профзаболеваний и кишечных инфекций считается пропаганда охраны труда. При правильной организации пропаганды охраны труда работники, учащиеся и воспитанники постоянно должны помнить об опасных и вредных производственных факторах и то, как следует вести себя, чтобы предупредить несчастный случай.

– Действенной формой профилактики детского травматизма в учреждениях образования является инструктирование по технике безопасности учащихся и педагогов. На переменах с учениками начальной школы, возможно, организовывать подвижные игры, которые позволят учащимся подвигаться и отдохнуть в оптимальной и безопасной форме.

– Стрессовые состояния человека заставляют его умышленно делать рискованные действия, которые, как он считает, помогут снять стресс. Следовательно, необходимо обучать учащихся конструктивным навыкам снятия напряжения и преодоления стресса. Также должен быть рассмотрен аспект: психологический климат коллектива (особенно дисциплина). Сознательная дисциплина - основанный на опыте порядок взаимоотношения людей в процессе целенаправленной совместной общественно значимой деятельности, сознательное исполнение ими некоторых предписаний, правил, норм, отвечающих требованиям этой деятельности, морали и законности. В коллективах с высоким уровнем дисциплины благоприятный психологический климат.

В целом можно говорить, что работа в направлении охраны труда и техники безопасности ведется на объекте в соответствии с действующими законодательными актами ответственными работниками школы, прошедшими специальное обучение.

#### Библиографический список

1. Гринина А.С. Проблемы комплексного управления охраной труда в образовательных учреждениях // Научный вестник ЮИМ. 2017. №1. С.51-55.
2. Мучин П. В. Система управления охраной труда в общей структуре управления образовательного учреждения // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2006. С.61-65.
3. Сухорукова Е.А. Управление охраной труда преподавателей в образовательном учреждении // ОмГТУ. 2014. №4. С.20-24.

УДК 658.382

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ СЕТИ КАРЬЕРА

СИДОРОВ А. И., АБДУЛЛОЕВ И. Т.

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

**Аннотация:** В статье рассматриваются особенности заземления на открытых горных работах (ОГР). Приведены схемы устройство защитного заземления на карьере. Компьютерная модель заземляющей сети карьера построена с помощью комплекса MATLAB с применением пакета Simulink.

**Ключевые слова:** заземляющая сеть карьера, воздушные и кабельные линии электропередачи, компьютерное моделирование

#### COMPUTER SIMULATION OF THE QUARRY GROUND NETWORK

**Abstract:** The article deals with the features of grounding in open mining operations (OGR). The diagrams of the protective earthing device at the quarry are given. A computer model of the quarry's ground network was built using the MATLAB complex using the Simulink package.

**Keywords:** quarry ground network, overhead and cable power lines, computer modeling

При эксплуатации электрифицированных машин или механизмов, используемых на открытых горных работах, одной из основных мер обеспечения электробезопасности, является защитное заземление. Оно осуществляется путем присоединения этих машин к центральному заземляющему устройству, расположенному на главной понизительной подстанции. До приключательного пункта связь обеспечивается заземляющим проводом, проложенным вдоль карьерной воздушной линии ниже фазных проводов на крюках, установленных на опорах этой линии, а от приключательного пункта до, например, экскаватора – с помощью заземляющей жилы кабеля, которым горная машина подключается к приключательному пункту [4].

Заземлитель — проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду (ПУЭ п. 1.7.15.). Качество такого контакта свидетельствует об эффективности заземлителя, которая, в свою очередь, зависит от удельного электрического сопротивления окружающего грунта [3].

Для построения компьютерной модели заземляющей сети необходимо определить параметры карьерной распределительной сети. Параметры карьерной распределительной сети включают в себя линии электропередачи воздушные и кабельные, сечение проводов, удельное сопротивление грунта, токи однофазного замыкания и др.



Анализ, проведенный в [1] показал, что длина экскаваторного кабеля изменяется в широких пределах – от 200 до 600 м. и для различных марок экскаваторов существует определенное оптимальное значение длины питающего кабеля, причем это значение зависит от времени простоя, которое определяется уровнем организации работ, связанных с переключением экскаватора.

Воздушные линии электропередачи проектируют в соответствии с принятой схемой электроснабжения и планом развития горных работ. Сечение проводов для передвижных линий электропередачи напряжением до 1000 В и выше применяется по расчету от 25 мм<sup>2</sup> до 120 мм<sup>2</sup> – для алюминиевых и для сталеалюминевых – от 16 мм<sup>2</sup> до 95 мм<sup>2</sup>. Длина воздушных линий электропередачи – от 1500 до 3000 м [2,5].

На рисунке 1 показана примерная схема устройства защитного заземления на карьере. Здесь: 1 – центральный заземлитель; 2 – заземляющие шины ГПП; 3 – заземляющий провод; 4 – приключательные пункты; 5 – местные заземлители; 6 – отвод от местных заземлителей; 7 – заземляющие шины (жилы) ТП; 8 – заземляющий провод; 9 – кабель КШВГ; 10 – кабель ГРШС.

На рисунке 2 показан фрагмент карьерной воздушной линии электропередачи 6 кВ, отличительной особенностью которого является введение в схему замещения сопротивлений и ёмкостей фазных проводов относительно заземляющего провода.

Выполнение исследований в реальной заземляющей сети карьера вызывает, как правило, определённые трудности, связанные с проведением организационных и технических мероприятий, обеспечивающих электробезопасность и для исследователей, и для остальных работников, занятых в это время на тех или иных работах. Для получения результатов, характеризующих те или иные процессы в карьерной распределительной сети, целесообразно использовать компьютерную модель этой сети.

Достоинство модели заземляющей сети карьера в том, что с её помощью можно провести неограниченное количество экспериментов с разными параметрами, что позволит выявить искомые закономерности с целью разработки устройства контроля непрерывности цепи заземления, на основе измерения режимных параметров в карьерной распределительной сети.

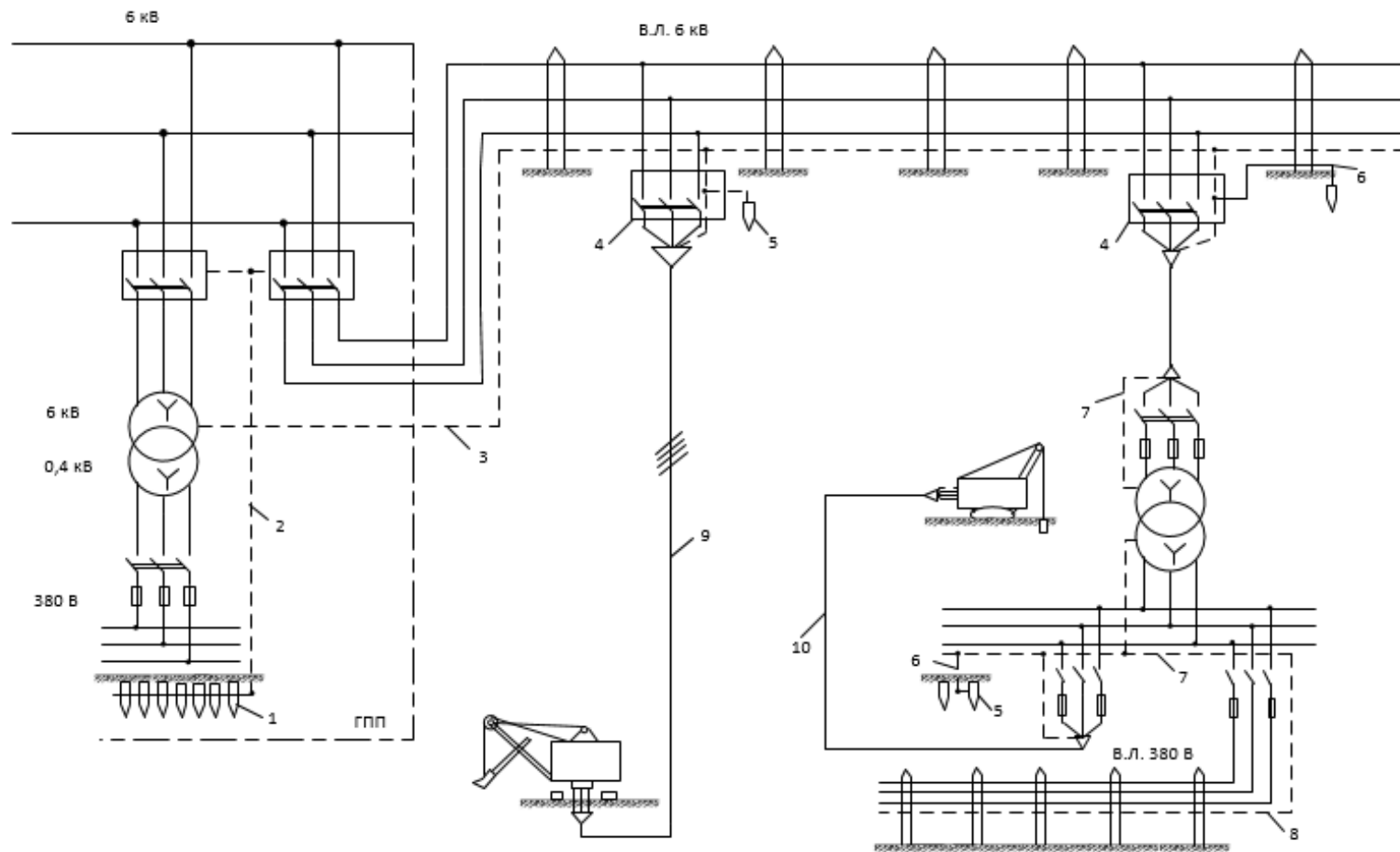
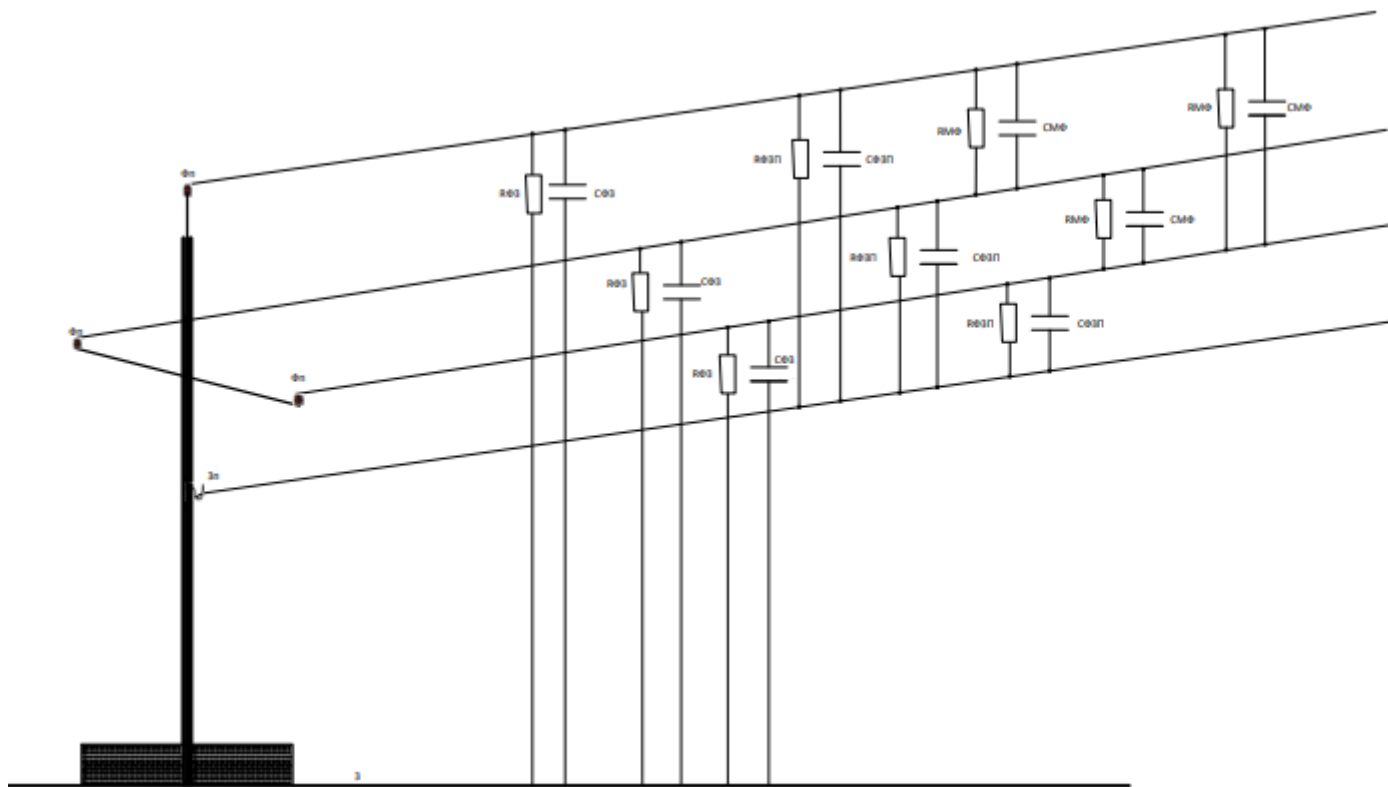


Рисунок 1 - Примерная схема устройства защитного заземления на карьере



$R_{фз}, C_{фз}$  – сопротивления и ёмкости фазного провода относительно земли;  $R_{фзп}, C_{фзп}$  – сопротивления и ёмкости фазного провода относительно заземляющий провод;  $R_{мф}, C_{мф}$  – сопротивления и ёмкости междуфазными проводами

Рисунок 2 - Фрагмент карьерной воздушной линии электропередачи напряжением 6 кВ

На рисунке 3 приведена компьютерная модель заземляющей сети:

1 – трехфазный источник электроэнергии напряжением 6 кВ; 2 – двухобмоточный силовой трансформатор; 3 – модель воздушной линии электропередачи; 4 – параметры воздушной линии электропередачи; 5 – ячейка типа ЯКНО; 6 – экскаваторный кабель; 7 – параметры экскаваторного кабеля; 8 – измерительный комплекс; 9 – потребитель (экскаватор); 10 – заземляющий провод

Для построения модели был использован универсальный комплекс MATLAB с приложенными к нему расширениями Simulink.

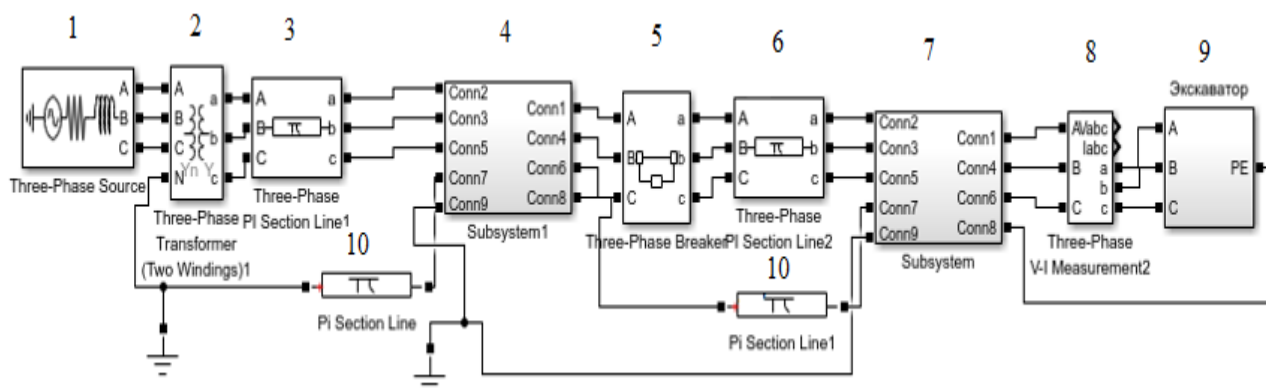


Рисунок 3 – Общий вид компьютерной модели:

Данная модель предназначена для исследования режимных параметров в сети при обрыве цепи заземления.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Абдуллоев, И.Т. О контроле непрерывности цепи заземления горных машин / И.Т. Абдуллоев, А.С. Дыминская, А.Б. Тряпицын., А.И. Сидоров // Сборник конференции Совершенствование технологии горных работ, и подготовка кадров для обеспечения техносферной безопасности в условиях Северо-Востока России. Якутск, 2018. –С.439 – 442.
- 2 Абдуллоев, И.Т. Параметры карьерной распределительной сети напряжением 6 кВ / И.Т. Абдуллоев, Р.Т. Абдуллозода // Сборник материалов V Всероссийской студенческой конференции (с международным участием) Том 1. – Челябинск, 2019. – С.8.
- 3 Грибанов А.С. Способы повышения эффективности заземления электроустановок/ А.С. Грибанов// Территория нефтегаз. 2014. № 6. С. 61 – 63.
- 4 Найфельд, М.Р. Заземление и другие защитные меры / М.Р. Найфельд, – М.: Энергия, 1975. – 104 с.
- 5 Щуцкий В. И. Электробезопасность на открытых горных работах / В.И. Щуцкий, А.М. Маврицын, А.И. Сидоров, Ю.В. Ситчихин. Маврицын А. М, Сидоров А. И, Ситчихин Ю. В. – М.: Недра, 1983-191с.

## КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ КАРЬЕРНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

СИДОРОВ А. И., БОБОЕВ Х.Д.

ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»

**Аннотация:** В статье рассматривается разработанная авторами компьютерная модель для исследования способа определения параметров изоляции фаз сети относительно земли, построенная в программной среде Matlab/Simulink. Приведены схемы карьерной распределительной сети напряжением 6 кВ и компьютерной модели.

**Ключевые слова:** электрические сети, компьютерное моделирование, параметры изоляции фаз сети относительно земли, дополнительная емкость

### COMPUTER MODEL OF THE QUARRY DISTRIBUTION NETWORK

**Abstract:** The article considers the simulation model developed by the authors for the study of determining the parameters of isolation of the network phases relative to the earth, built in the software environment Matlab/Simulink. Schemes of a 6 kV quarry distribution network and a computer model are presented.

**Keywords:** electrical networks, computer modeling, network phase isolation parameters relative to the ground, additional capacitance

Надежность работы и безопасность карьерных распределительных сетей (КРС) напряжением 6 кВ с изолированной нейтралью во многом зависят от сопротивления изоляции фаз сети относительно земли. Определение параметров изоляции может быть выполнено прямым или косвенным методами. Прямой метод прост, позволяет найти ток однофазного замыкания и его составляющие. Однако его применение сопряжено с рядом трудностей организационного порядка, кроме того, замыкание одной из фаз на землю может стать причиной появления в сети многоместных замыканий на землю. Последнее приводит к снижению надежности электроснабжения и ухудшению условий электробезопасности для персонала.

Учитывая изложенное, предпочтение необходимо отдать косвенным методам определения параметров изоляции. Анализ существующих методов показал, что, наиболее удобным и безопасным из них является метод, основанный на подключении дополнительной емкостной проводимости  $\Delta C$  между одной из фаз и землей [1–4, 7], поскольку не только обеспечивает безопасность при производстве измерений, но и исключает снижение надежности распределительных электрических сетей. При исследовании параметров изоляции распределительных электрических сетей в нормальном эксплуатационном режиме измерения проводятся без снятия рабочего напряжения. Кроме того, дополнительная ёмкость имеет стабильные параметры, не изменяющиеся в течение времени выполнения измерений в отличие от дополнительной активной проводимости.

Выполнение исследований в реальной КРС вызывает, как правило, определенные трудности, связанные с проведением организационных и технических мероприятий, обеспечивающих электробезопасность и для исследователей, и для остальных работников, занятых в это время на тех или иных работах [3].

Для получения результатов, характеризующих те или иные процессы в КРС, целесообразно использовать имитационную модель этой сети. Модель была создана с помощью MatLab/Simulink совместно с SimPowerSystems.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема распределительной электрической сети напряжением 6 кВ с изолированной нейтралью одного из горнодобывающего предприятия республики Таджикистан.

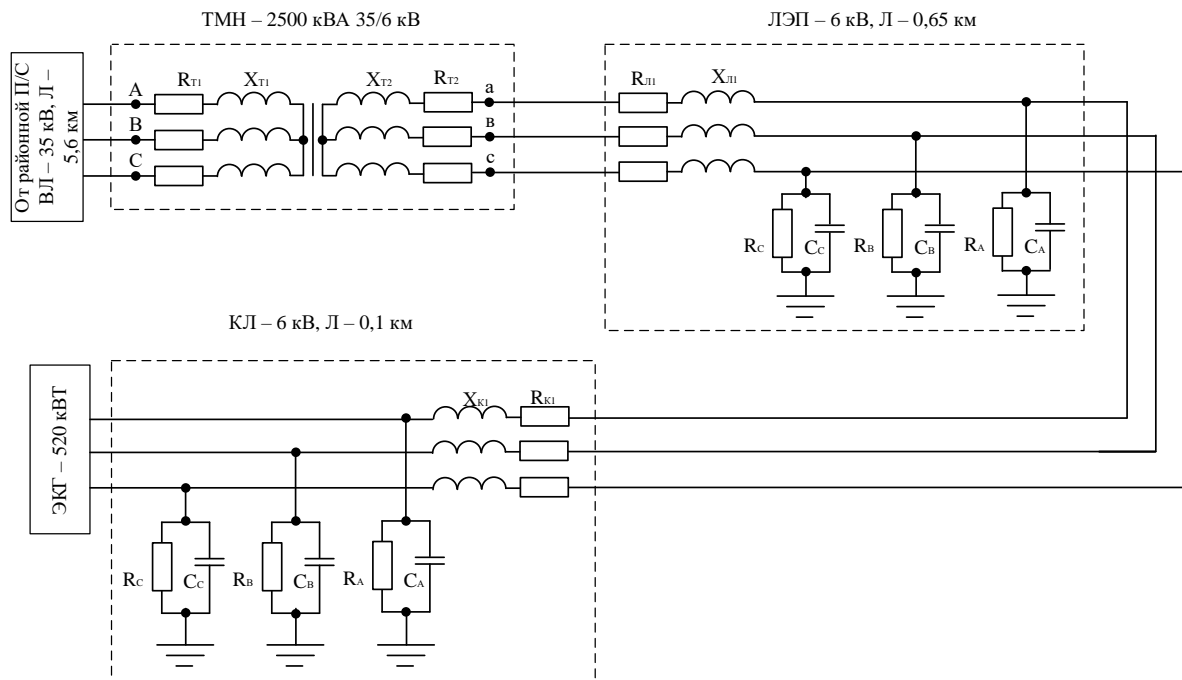


Рисунок 1 – Электрическая схема карьерной распределительной сети 6 кВ

На рисунке 2 представлена имитационная модель электрической сети с изолированной нейтралью на напряжение 6 кВ. Следует отметить, что модели электрической нагрузки, распределительной электрической сети, коммутационных аппаратов и измерительных комплектов изображены в виде блоков. Это одно из преимуществ создания модели в программной среде MATLAB/Simulink, поскольку подобные блоки позволяют: разрабатывать компактные и функциональные модели электрической сети; создавать собственные модели электротехнических устройств при отсутствии их в стандартной библиотеке блоков SimPowerSystems.

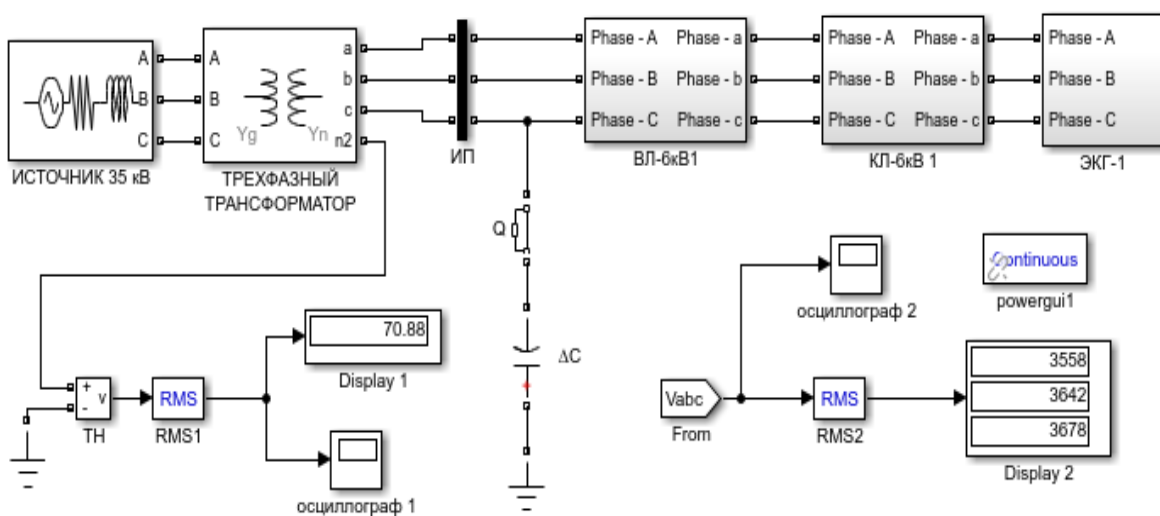


Рисунок 2 – Имитационная модель карьерной распределительной сети 6 кВ

Имитационная модель содержит следующие элементы: источник трехфазного напряжения 35 кВ; трехфазный двухобмоточный трансформатор; трехфазный измерительный

прибор; кабельные и воздушные линии, отходящие от секции шин, с подключенной нагрузкой; активные емкостные сопротивления изоляции фаз сети относительно земли. а также дополнительную емкость, подключаемую по заданному алгоритму для создания преднамеренной несимметрии напряжений фаз. Параметры сети были выбраны с учетом особенностей эксплуатации КРС [5, 6].

На рисунке 3 представлена схема одной из линий с нагрузкой: блок «Three-Phase PI Section Line», сопротивлений, учитывающих параметры кабельных или воздушных линий; блок «Series RLC» ветви для интерпретации сопротивления изоляции фаз сети относительно земли; блок «Three-Phase Series RLC Load», эквивалентная статическая нагрузка узлов сети.

Результаты, полученные на имитационной модели и при аналитическом расчете, отличались не более чем на 3–6 %, что позволяет считать адекватной имитационную модель.

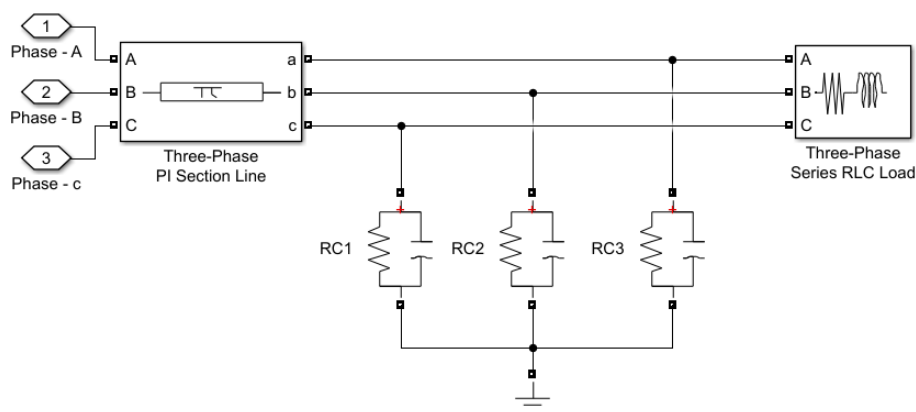


Рисунок 3 – Внутренняя схема воздушной и кабельной линий

Компьютерная модель распределительной электрической сети напряжением 6 кВ и исследования на ней позволили сформулировать основные требования к опытной сети.

Таким образом, с помощью имитационной модели можно провести неограниченное количество экспериментов с разными параметрами, что позволит выявить искомые закономерности с целью разработки устройства контроля параметров изоляции в КРС.

Кроме того, исследование на компьютерной модели занимают относительно малое время, обеспечивают точное измерение и безопасны для людей.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Лапченков К. В. Управление состоянием изоляции в распределительных электрических сетях: Дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 1998. – 120 с.
- 2 Петров О.А., Сидоров А.И., Сельницын А.А. Методика измерения емкостных токов однофазного замыкания на землю в электрических сетях напряжением 6...10 кВ. – Челябинск, 1990. - 24 с.
- 3 Сидоров А. И. Теория и практика системного подхода к обеспечению электробезопасности на открытых горных работах: Дис. ... докт. техн. наук. – Челябинск, 1993. – 444 с.
- 4 Сидоров А.И., Петров О.А., Ушаков И.М. Погрешность косвенного способа измерения емкостных проводимостей относительно земли в электрических сетях напряжением 6...10 кВ. - Электричество. – 1990. – N 10. – С.33-36.
- 5 Справочник энергетика карьера / В. А. Голубев, П. П. Мирошкин, Н. М. Шадрин и др. Под ред. В. А. Голубева – М.: Недра, 1986. –429 с.
- 6 Справочник энергетика карьера / И. С. Свердель, И. С. Саймолович, Г. Н. Носов и др. Изд. – М.: Недра, 1973. –496 с.
- 7 Электробезопасность на открытых горных работах / В. И. Щуцкий, А. И. Сидоров, Ю. В. Ситчихин, Н. А. Бендяк. – М. Недра, 1996. – 266 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ НА ЕЕ ВЗРЫВЧАТОСТЬ

ТЕТЕРЕВ Н.А., ЕРМОЛАЕВ А.И., КУЗНЕЦОВ А.М.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Аннотация:** Приводятся результаты лабораторных исследований влияния физико-химических свойств сульфидной пыли на ее взрывчатость. Эксперименты проводились в пылевзрывной камере. Установлено, что основным фактором, предопределяющим взрывчатость колчеданной пыли Сибайского месторождения является содержание серы в руде. Взрывоопасной является пыль с содержанием серы более 32%. Наибольшей взрывоопасностью обладают руды с содержанием серы 40-50%.

Результаты исследований представлены в виде диаграмм зависимости интенсивности взрыва от содержания серы в руде, ее влажности, дисперсности, инертных добавок, концентрации.

Взрывчатость пыли увеличивается при ее дисперсности. Наибольшую опасность представляет пыль с дисперсностью менее 100 мк. Пыль с крупностью частиц более 250 мк считается невзрывоопасной. Увеличение влажности инертных добавок ведет к уменьшению взрывчатости пыли. Колчеданная пыль становится невзрывоопасной при влажности 9-9,5% или при добавлении инертной пыли (в опытах глина порядка 70%). Минимальная концентрация наиболее взрывоопасной колчеданной пыли в воздухе составляет 80-100 г/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** пылевые взрывы; сульфидная пыль; взрывчатость колчеданной пыли, химический анализ, содержание серы в руде, концентрация пыли.

## STUDY OF THE INFLUENCE OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SULFIDE DUST ON HER EXPLOSIVENESS

TETEREV N. A., ERMOLAEV A. I., KUZNETSOV A. M.

Ural state mining University

**Abstract:** The results of laboratory studies of the effect of physical and chemical properties of sulfide dust on its explosive properties are presented. The experiments were carried out in an explosive dust chamber. It is established that the main factor determining the explosive content of the quivered dust of the Sibai Deposit is the sulfur content in the ore. Dust containing more than 32% sulfur is explosive. Ores with sulfur content of 40-50% are the most explosive.

The results of the research are presented in the form of diagrams of the explosion intensity depending on the sulfur content in the ore, its humidity, dispersion, inert additives, concentration.

The explosion of dust increases with its dispersion. The greatest danger is dust with a dispersion of less than 100 microns. Dust with particle size of more than 250 MK is considered to be non-explosive. Increasing the moisture content of inert additives leads to a decrease in the explosive dust.

Pyrite dust becomes explosive when humidity 9-9,5%, or when adding an inert dust (in experiments clay 70%). The minimum concentration of the most explosive pyrite dust in the air is 80-100 g/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** dust explosions sulphide dust; the explosiveness of pyrite dust, chemical analysis, sulphur content in the ore, the concentration of dust.

Проходка горных выработок по колчеданным рудам осложняется опасностью воспламенения и взрыва сульфидной пыли.

Только на горных предприятиях ООО УГМК-Холдинг за период 2010-2014 зафиксирован более 61 взрыв сульфидной пыли, из них 54 при скважинной отбойке и 7 при шпуровых зарядах. Время простоя рудника из-за ликвидаций последствий пылевых взрывов составил по 35 ч. 50 мин. Анализ исследований [1] по взрывам сульфидной пыли показал, что



взрывы пыли зафиксированы во всех странах мира, добывающие сульфидные руды с высоким содержанием серы.

Взрывы чаще всего возникают в тех забоях, где противозащитные мероприятия проводятся в недостаточном объеме.

При взрывах сульфидной пыли образуются ударно-воздушные волны, выделяется большое количество сернистого газа – во много раз выше допустимой нормы, что приводит к длительным простоям забоев, а иногда и к тяжелым несчастным случаям. Некоторые взрывы сопровождаются разрушением крепления, забойного оборудования и оплавлением вентиляционных рукавов. Имели место случаи возникновения рудничных пожаров.

В связи с этим на шахтах, подверженных взрывам сульфидной пыли, в значительной мере усложняются режим вентиляции и технология горных работ, что в конечном итоге ведет к ухудшению санитарно-гигиенических условий, снижению производительности труда и увеличению себестоимости добычи руды.

Исследования в области взрывов сульфидной пыли до настоящего времени проводились весьма в ограниченном масштабе. Указанные обстоятельства явились причиной постановки данных исследований. Кроме того взрывоопасность рудников и горных выработок по колчеданным рудам должна устанавливаться заключением специализированной организации.

Лабораторные исследования образцов пиритосодержащих колчеданных руд необходимы для разработки комплекса мероприятий по предупреждению взрывов сульфидной пыли.

Отбор проб производился сотрудниками УГГУ совместно с геологической службой Сибайского подземного рудника.

Пробы отбирались в виде штуфов основных типов руд месторождения. Размер отобранных образцов составлял не менее 100×100×100 мм.

Место отбора образцов с указанием номера пробы наносилось на планы горизонтов.

Отобранные образцы после их взятия помещались в герметичную тару и доставлялись в лабораторию УГГУ.

Химический анализ отобранных проб руды с забоев Сибайского подземного рудника проводился в аккредитованной лаборатории физико-химических методов анализа УГГУ.

Определение содержания серы общей в пробах осуществлялось по ГОСТ 14048.8-80. Концентраты цинковые. Метод определения серы и ГОСТ 15934.8-80. Концентраты медные. Метод определения серы. Результаты химического анализа проб руды представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты количественного химического анализа колчеданной руды

Номер пробы	Место взятия пробы	Содержание серы в руде %
1.	г. 469 Уч. н/с 449/469, 4,7 от сопр. с СРШ	41,24
2.	г. 469 по СРШ, 5,5 м от сопр. с Уч. н/с	42,6
3.	г. 469 от сопр. Уч. н/с 10м по СРШ	40,30
4.	г. 469 по БПО-5, 10м от сопр. с СВХВ	42,60
5.	г. 489 РШ 4/4, 16м от сопр. по левому борту	42,30
6.	г. 489 РШ -7, 10м от сопр. по левому борту	41,60
7.	г. 529 В.О., 4,5м от сопр.	28,60
8.	г. 509 ЗРО., 81м от сопр. по правому борту	42,20
9.	г. 509 ВПШ., 4м от сопр. ВШ	42,80
10.	г. 509 РО-5, в забое, 28 м от сопр.	43,0
11.	г. 509 РО-7, в забое, 38,6 м	27,20
12.	г. 509 Ро-11., от м/т 5м от сопр. со стойкой	0,53

Пробы руды, оставшиеся от химического анализа, использовались для испытаний в пылевзрывной камере. Камера представляет собой термостойкую колбу емкостью 1 л. Источником зажигания служит расположенная в ней нихромовая спираль мощностью 0,6 кВт.

Температуру спирали можно изменять в больших пределах при помощи реостата. Для выравнивания температуры в колбе, последняя помещена в термостат с электроподогревом. Температура спирали и термостата регистрируется термометрами. Навеска пыли помещается в стеклянную воронку, которая вставляется в нижнюю часть колбы. Распыление производится под давлением воздуха 3,99 кПа, которое создается воздушным насосом. Наличие взрыва пыли фиксируется по повышению давления воздуха в колбе манометром, а также по распространению пламени – визуально.

Испытания проводились в строго идентичных температурных условиях (температура спирали  $-1000^{\circ}$ , температура термостата  $- 200^{\circ}$ ). Для того, чтобы устранить влияние случайных причин на результаты экспериментов, количество опытов на одно определение принималось в зависимости от коэффициента вариации, но в любом случае не менее 3-х.

В среднем на одно определение количество опытов составляло 5-6.

В пылевзрывной колбе изучалось влияние на взрывчатость пыли следующих факторов:

- химического состава;
- дисперсности;
- инертных добавок;
- концентрации пыли в воздухе.

Для изучения влияния химического состава пробы руды весом 0,3 кг измельчалась до полного прохождения через сито 270 мм (диаметр частиц 53 мк). Измельченная проба тщательно перемешивалась и квартовалась, после чего отбирались опытные навески. Навески подсушивались в сушильном шкафу при температуре  $80^{\circ}$  до получения влажности 0,5%. Величина навески во всех опытах принималась 0,3 г (из расчета концентрации в воздухе  $300 \text{ г/м}^3$ ).

Поскольку в результате анализа проб руды было установлено, что содержание серы общей в них изменялось в недостаточном диапазоне, для исследования влияния на взрывчатость пыли в нее добавлялась сера и путем квартования доводилась до заданных значений.

Для определения влияния дисперсности была взята пыль, показавшая себя в предыдущих опытах наиболее взрывоопасной.

В соответствии с наличием сит испытывались следующие фракции пыли в микронах: - 297 +210; -210+149; -149+106; -106+53; -53.

При изучении влияния влажности и инертных добавок пыль образца измельчалась до прохождения через сито 270 меш. Навеска принималась 0,3 г. Для повышения влажности к пыли в заданной пропорции добавлялась дистиллированная вода.

В качестве инертной добавки бралась пыль сухой глины фракции – 53 мк. Инертная пыль в нужной пропорции смешивалась с колчеданной пылью и смесь засыпалась в воронку.

Изменение концентрации пыли в колбе производилось путем изменения веса навески. Концентрация изменялась в пределах от 0,450 г/л (несколько выше расчетной стехиометрической) до минимальной, при которой еще наблюдался взрыв заданной пыли.

Результаты исследований представлены на рис. 1-5 в виде диаграмм зависимости интенсивности взрыва от содержания серы в руде, ее дисперсности, влажности, инертных добавок, концентрации.

Анализ экспериментальных данных показал, что наибольшей взрывчатостью обладают руды со значительным содержанием серы – порядка 40-50%. Наибольшее давление при взрыве – 10,64 кПа дала пыль Сибайского колчедана с содержанием серы 51%. При уменьшении содержания серы в руде интенсивность взрывов уменьшается. Из полученных данных, очевидно, что взрывчатость пыли резко снижается при увеличении крупности частиц свыше 100 мк. При крупности частиц более 250 мк пыль становится невзрывоопасной.

При увеличении влажности пыли наблюдается в значительной мере снижение ее взрывчатости. При влажности 9-9,5 % пыль полностью теряет свои взрывчатые свойства.

Как видно инертные добавки также снижают взрывчатость пыли хотя и в значительно меньшей степени, чем вода. Для предотвращения взрыва потребовалось около 70% инертной пыли.

Очевидно, что снижение концентрации пыли от 450 г/л и ниже ведет к уменьшению интенсивности взрыва.

При концентрации пыли менее 0,080 г/л наблюдалось лишь искрение у теплового источника без повышения давления в колбе.

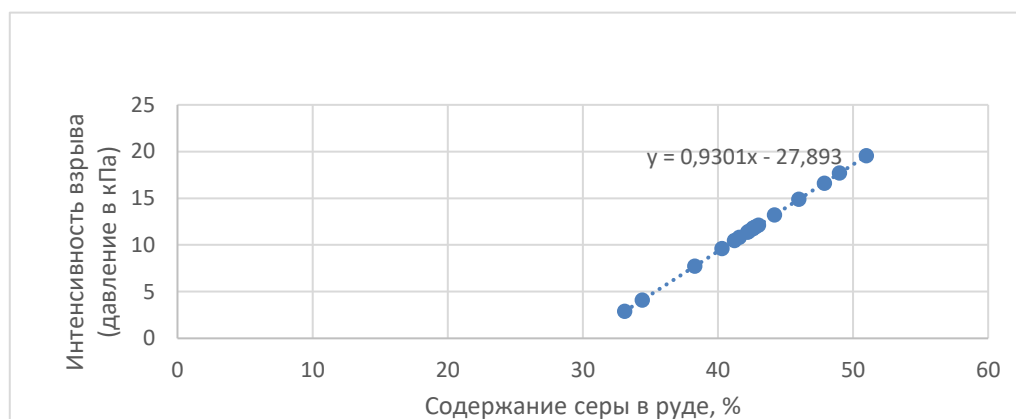
Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

- Основным фактором, предопределяющим взрывчатость колчеданной пыли, является сера. По данным лабораторных исследований взрывоопасной является колчеданная пыль с содержанием серы более 32-35%;

- Взрывчатость пыли увеличивается при увеличении ее дисперсности. Наибольшую опасность представляет пыль с дисперсностью менее 100 мк. Пыль с крупностью частиц более 250 мк можно считать невзрывоопасной;

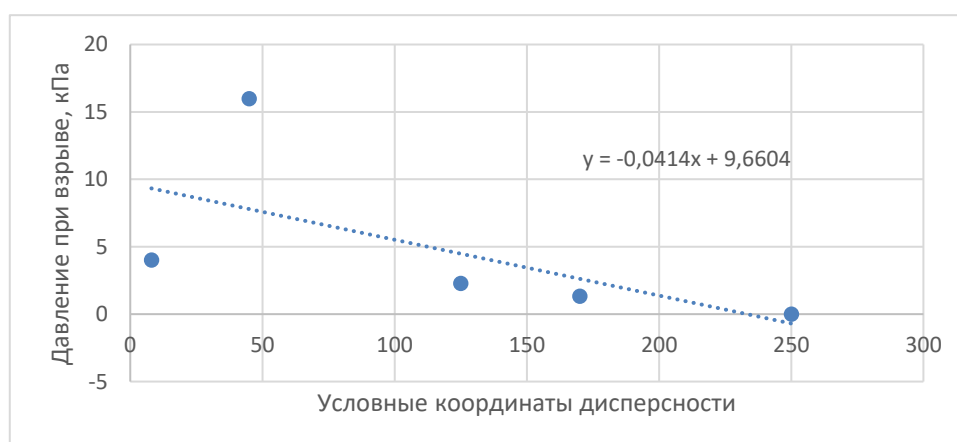
- Увеличение влажности и инертных добавок ведет к уменьшению взрывчатости пыли. По данным проведенных опытов, колчеданная пыль становится невзрывоопасной при влажности 9-9,5% или при добавлении инертной пыли (в опытах глина) порядка 70%;

- Минимальная концентрация наиболее взрывоопасной колчеданной пыли в воздухе лежит в пределах 80-100 г/м<sup>3</sup>.



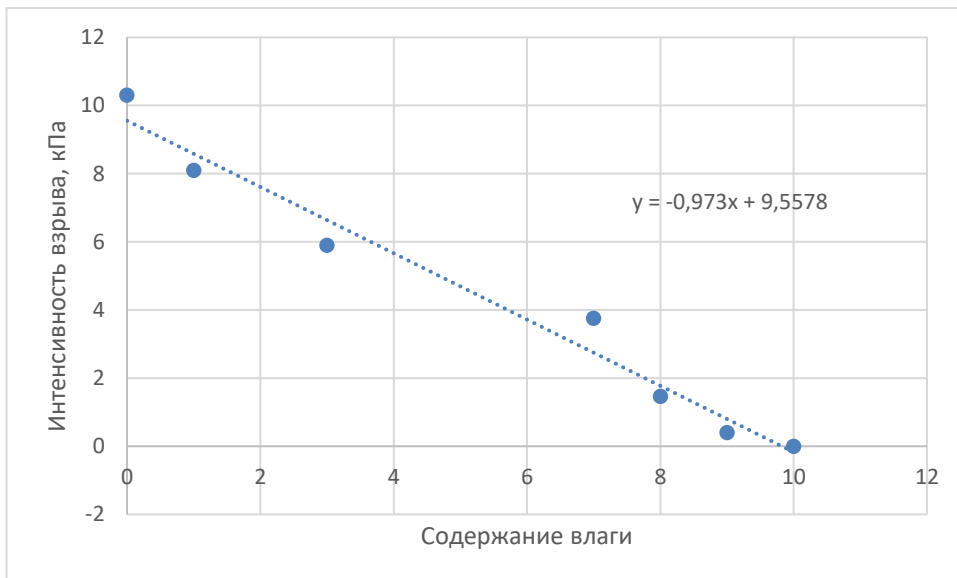
Коэффициент корреляции 0,999987

Рисунок 1- Диаграмма зависимости интенсивности взрыва от содержания серы в руде



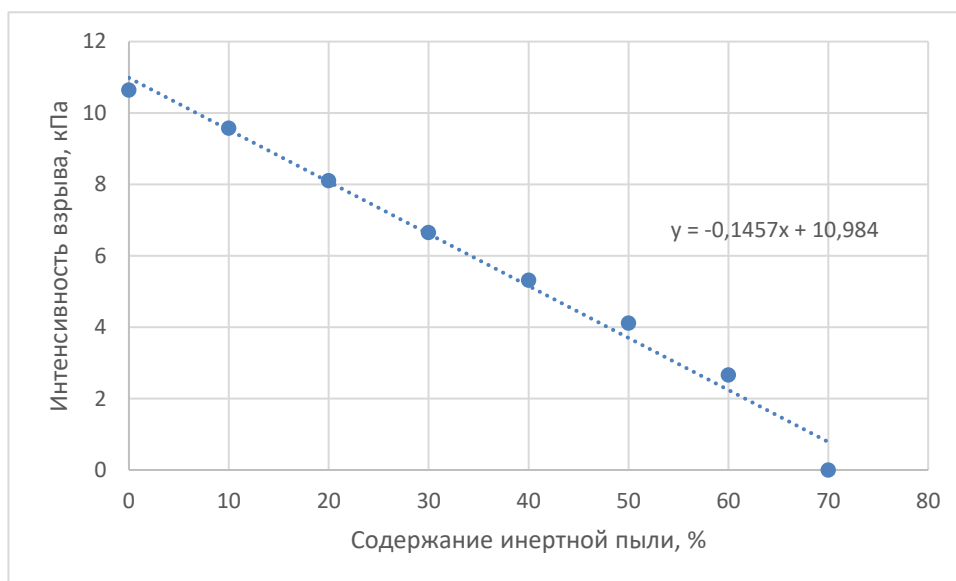
Коэффициент корреляции -0,62185

Рисунок 2 – Диаграмма влияния дисперсности на взрывчатость сульфидной пыли



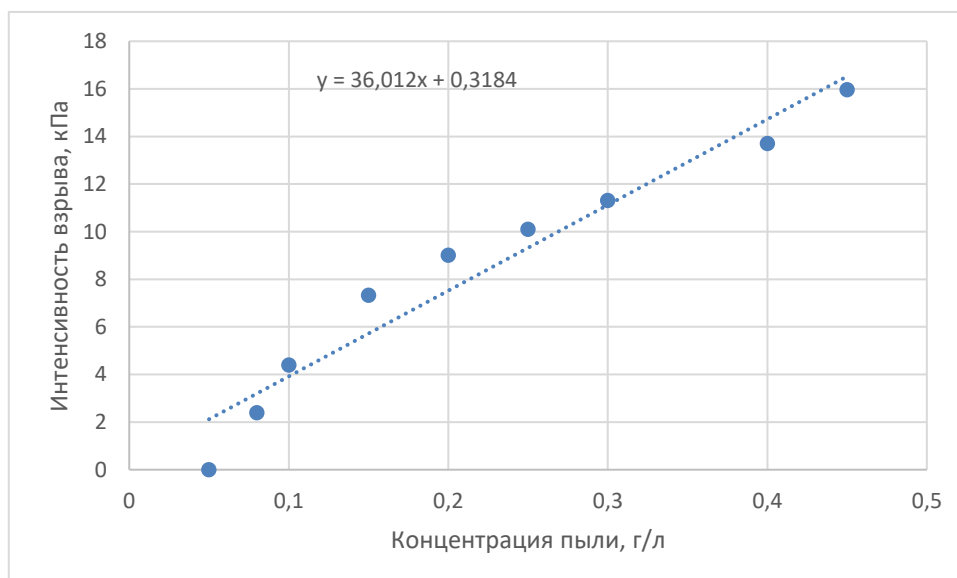
Коэффициент корреляции -0,98592

Рисунок 3 – Диаграмма влияния влажности на взрывчатость сульфидной пыли



Коэффициент корреляции -0,99378

Рисунок 4 – Диаграмма влияния инертных добавок на взрывчатость



Коэффициент корреляции 0,972149

Рисунок 5 – Диаграмма влияния концентрации сульфидной пыли на интенсивность взрыва

#### Библиографический список

1. Ермолаев А.И., Тетерев Н.А. Анализ исследований в области пылевых взрывов и их предупреждения на подземных рудниках//Известия вузов. Горный журнал.-2015.-№8-с.75-80.
2. Тетерев Н.А., Ермолаев А.И., Бурмистренко В.А., Мицевич В.В, Исследование взрывоопасности колчеданных руд Сибайского месторождения IV Международная научно-техническая конференция "инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений".с.68-71 Екатеринбург, 21-22 апреля 2015 г.
3. Парамонов Г.П. Предупреждение взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках. Санкт-Петерб. гос. горный ун-т, 1999, 130 с.
4. Бричкин А.В. Природа подземных колчеданных пожаров и методы борьбы с ними. ГИТН, 1932, 199 с.
5. Рысс П.Г., Журавлева Т.Т., Суслов Б.И. Взрывчатость колчеданновоздушных смесей. Отчет о НИР, УНИХИМ, 1937.
6. Кожабаяев Махмуд Хали-улы. Разработка способов предупреждения взрывов сульфидной пыли на основе управления параметрами взрывного нагружения: Автореф. кан. техн. наук. СПб, 1995, 23 с.
7. Чернобай В.И. Снижение выбросов сернистого газа при производстве взрывных работ на колчеданных рудниках: дис. канд. тех. наук. СПб, 2003, 118 с.

## РАСЧЕТ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ПО ФАКТОРУ УДАРНО-ВОЗДУШНОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ ОПАСНЫХ ПО ВЗРЫВУ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ

ТЕТЕРЕВ Н.А., ЕРМОЛАЕВ А.И., КУЗНЕЦОВ А.М.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Аннотация:** Рассмотрено образование ударно-воздушных волн (УВВ) в подземных выработках при ведении взрывных работ по колчеданным рудам.

Показано, что при детонации зарядов ВВ в горной выработке происходит формирование двух УВВ. Первая основная образуется от взрыва зарядов ВВ, вторая от взрыва облака сульфидной пыли.

На основе соотношений нелинейной акустики теоретическим решением установлена формула для определения избыточного давления на фронте результирующей УВВ с учетом взрыва сульфидной пыли, местных сопротивлений и потерь на трение воздушного потока.

Приведен пример расчета безопасных расстояний по фактору УВВ при возможном взрыве сульфидной пыли в подземных выработках с одним разветвлением и двумя поворотами.

**Ключевые слова:** горные выработки, детонация заряда, взрыв сульфидной пыли.

## CALCULATION OF SAFE DISTANCES BY THE FACTOR OF SHOCK AIR WAVE FOR BLASTING WORKS IN UNDERGROUND MINES DANGEROUS ON THE EXPLOSION OF A SULPHIDIC DUST

TETEREV N. A., ERMOLAEV A. I., KUZNETSOV A. M.

Ural state mining University

**Abstract:** The formation of shock-air waves (UVV) in underground workings in the conduct of explosive works on pyrite ores is considered.

It is shown that the detonation of explosive charges in the mining occurs the formation of two UVV. The first main is formed from the explosion of explosive charges, the second from the explosion of a cloud of sulfide dust.

On the basis of the relations of nonlinear acoustics, the theoretical solution established a formula for determining the excess pressure at the front of the resulting UVV, taking into account the sulfide dust explosion, local resistance and friction losses of the air flow.

The example of calculation of safe distances on the factor of UVV at possible explosion of sulfide dust in underground developments with one branching and two turns is given.

**Keywords:** excavation, the detonation of the charge, the explosion of a sulphidic dust.

В соответствии с действующим в настоящее время ФНП «Правила безопасности при взрывных работах» [1] безопасные расстояния должны устанавливаться проектом или паспортом и быть такими, чтобы исключить несчастные случаи.

За безопасное расстояние необходимо принимать наибольшее из установленных по поражающим факторам: от сейсмического воздействия, от действия УВВ, от разлета отдельных кусков породы.

Для определения безопасных расстояний по воздействию ударной воздушной волны, исключая травммирование людей, повреждение сооружений и технологического

оборудования при производстве взрывных работ в подземных горных выработках, определяется значение избыточного давления на фронте УВВ.

Избыточное давление на фронте УВВ для пород VI-VIII групп по классификации строительных норм (коэффициент крепости  $f=8-12$ ) рассчитывают по формуле:

$$\Delta P = \left( 3410 \frac{Q_3}{\Sigma SR} + 794 \sqrt{\frac{Q_3}{\Sigma SR}} \right) \times e^{-\frac{\beta R}{d}}, \quad (1)$$

где  $\Delta P$  – избыточное давление на фронте УВВ, кПа:

$Q_3$ - масса одновременно (мгновенно) взорванного эквивалентного заряда, кг, (рассчитывают в зависимости от метода производства взрывных работ в соответствии с указаниями пункта 852, указанных Правил).

$R$ - расстояние, пройденное УВВ по выработкам от заряда до расчетной точки, м;

$\Sigma S$ - суммарная площадь поперечного сечения выработок, примыкающих к заряду ВВ, для которых производится расчет давления в УВВ, м<sup>2</sup>;

$e$  – основание натурального логарифма,  $e=2,71$ ;

$d$  – приведенный диаметр выработки:

$$d = 1,12\sqrt{S} \text{ , м,} \quad (2)$$

$\beta$  - коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности выработок. Значения коэффициентов шероховатости  $\beta$  для различных видов крепи приведены в приложении №28 указанных Правил.

При взрывании пород IX группы и выше по строительным нормам (коэффициент крепости  $f = 12-20$ ) величина давления в УВВ, определенная по формуле должна быть увеличена в 1,5 раза, а при взрывании пород V группы и ниже ( $f < 8$ ) может быть уменьшена в 2 раза.

Полученное значение избыточного давления на фронте УВВ не должно превышать предельно допустимого для людей и охраняемых объектов.

Предельно допустимое избыточное давление на фронте УВВ для людей принимается 0,1 кг/см<sup>2</sup> (10 кПа).

Перечень предельно допустимых значений избыточного давления на фронте УВВ для охраняемых объектов приводится в приложении №27 указанных Правил.

Если давление в расчетном месте окажется больше предельно допустимого, посты охраны опасной зоны необходимо перенести на более далекое расстояние и произвести повторный расчет.

Если на пути движения УВВ по выработкам встречаются местные сопротивления, то определенное по формуле (1) значение величины избыточного давления необходимо разделить на коэффициенты ослабления (усиления), соответствующие каждому местному сопротивлению. Значения коэффициентов ослабления (усиления) для местных сопротивлений приводятся в приложении №29 указанных Правил.

Таким образом, правилами безопасности при взрывных работах жестко предписано при взрывании горных пород в подземных выработках определять безопасные расстояния по действию УВВ только по значению избыточного давления на фронте волны. Однако методика расчета избыточного давления на фронте УВВ при взрывах сульфидной пыли в данных правилах отсутствует, хотя это явление имеет место в практике взрывных работ на рудниках, разрабатывающих пиритосодержащие колчедане руды [2,3]. В работе [4] рассмотрено образование УВВ в подземных выработках при ведении взрывных работ в колчеданных рудах. Показано, что при детонации зарядов ВВ в горной выработке происходит формирование двух УВВ. Первая основная образуется от взрыва зарядов ВВ, вторая от взрыва сульфидной пыли. На основе соотношений нелинейной акустики теоретическим решением определены параметры результирующей УВВ в тупиковом забое.

$$\Delta P = \left( 29 \frac{qn}{RS} + 7,6 \sqrt{\frac{qn}{RS}} \right) \times \left( \sqrt{1 + \frac{\rho_0 c_0 LS}{2450qn}} \right) \times e^{-\frac{\beta R}{a}} \times 10^5, \quad (3)$$

где:

$q$  – масса заряда ВВ, кг;

$n$  – коэффициент перехода энергии ВВ в энергию УВВ;

$S$  – поперечное сечение выработки, м<sup>2</sup>;

$R$  – расстояние пройденное УВВ по выработке от заряда до расчетной точки, м;

$\rho_0$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$c_0$  – скорость звука в воздухе, м/с;

$L$  – расстояние распространения пламени при взрыве сульфидной пыли, м;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности выработок;

$d$  – приведенный диаметр выработки, м.

Результаты теоретического решения позволили установить следующую картину процесса образования взрывоопасного пылевого облака. Формирование аэровзвеси происходит под действием двух основных источников. С одной стороны, при взрыве заряда ВВ идет переизмельчение руды в ближней к заряду зоне и последующий ее выброс в атмосферу выработки, с другой – происходит сдувание со стенок отложившейся пыли.

Очевидно, что определяющую роль в процессе формирования пылевого облака принадлежит УВВ, т.к. именно с ее действием связаны взвешивание и разлет пылевых частиц. При шпуровой отбойке в проходческой выработке воспламенение пыли может вызвать взрыв практически каждого заряда (кроме почвенных шпуров) [5]. В этом случае образование пылевого облака происходит по рассмотренной схеме, с той только разницей, что на момент взрыва  $i$ -го шпура уже существует аэровзвесь, в пределах зоны отброса, за счет действия предыдущих зарядов.

Из формулы (3) следует, что первый сомножитель показывает произведение заряда на коэффициент переход энергии в УВВ, т.е. это некоторый эффективный заряд, энергия которого целиком тратится на создание УВВ. Второй сомножитель можно рассматривать как «заряд» облака сульфидной пыли. Величина этого «заряда» прямо пропорциональна объему сгоревшей аэровзвеси. Третий сомножитель характеризует потери на трение воздушного потока о поверхность стенок выработки.

В формуле (3) неизвестной остается величина зоны распространения пламени  $L$ .

В работе [6] установлено, что зона распространения пламени при вспышках сульфидной пыли зависит от веса взрываемого заряда, условий взрывания, концентрации колчеданной пыли в воздухе во время воспламенения, наличия поворотов выработки. Как указывалось выше источниками пылеобразования при проходке горных выработок являются: пыль образующаяся за счет переизмельчения руды вокруг шпуровых зарядов, а также предварительно осевшая пыль от предыдущих взрывов, буровых работ, которая сдувается с поверхности стен выработки УВВ. Пылеотложение на стенки выработки составляет около 3%, а на кровлю – около 1% всей оседающей пыли.

На основании экспериментальных исследований [5] на колчеданных рудниках, установлена зависимость зоны распространения пламени от веса заряда.

$$L = k\sqrt{q}, \quad (4)$$

где:  $q$  – масса заряда в кг;

$k$  – эмпирический коэффициент, зависящий от условий взрывания, концентрации осевшей пыли, противовзрывных мероприятий.

Для установления эмпирической зависимости (4) позволяющей приближенно оценить зону распространения пламени применен способ, основанный на сгорании флажков-индикаторов, прикрепляемый в выработке на различном расстоянии от груди забоя.



На Сибайском подземном руднике в проходческих забоях, опасных по взрыву сульфидной пыли, на стенки выработки крепились пластилином флажки размером 36x10 мм из фотопленки на расстоянии 5, 10, 15, 20, 25, 30.

При взрывных работах соблюдались все меры по предупреждению взрывов сульфидной пыли. За период 2009-2014 гг. было проанализировано 15 взрывов. При обработке результатов экспериментов также учитывались вспышки сульфидной пыли в проходческих забоях, где происходило обгорание вентиляционных рукавов и оболочки электрических приводов. Расстояние распространения пламени определялось от груди забоя. В качестве реперной точки использовалась точка установки вентилятора местного проветривания.

Анализом полученных данных установлено, что при взрыве только зарядов ВВ (без вспышки пыли) сгорание и обгорание флажков вентиляционных рукавов не происходило, а при вспышках пылевоздушной смеси зона распространения пламени составляла 5-25 м.

На основании математической обработки данных паспортов БВР на проходку горных выработок и результатов экспериментов получена эмпирическая зависимость для расчета зоны распространения пламени.

$$L = 12\sqrt{q}, \quad (5)$$

При наличии поворота на расстоянии до 25 м,

$$L = \frac{l+12\sqrt{q}}{2}, \quad (6)$$

где  $l$  – длина участка до поворота, м.

Если учесть ослабление УВВ за счет местных сопротивлений, то зависимость (3) будет иметь вид:

$$\Delta P = \frac{10^5}{k_1 \times k_i} \times \left( 29 \frac{qn}{RS} + 7,6 \sqrt{\frac{qn}{RS}} \right) \times \left( \sqrt{1 + \frac{\rho_0 C_0 LS}{2450qn}} \right) \times e^{-\frac{\beta R}{d}}, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент ослабления который зависит от вида местных сопротивлений при прохождении УВВ (приложение 29 [1]).

Пример расчета. Осуществляется проходка рудного орта сечением 16,1 м<sup>2</sup> по сплошным сульфидным рудам, имеющим крепость  $f = 16$ . В соответствии со схемой выставления постов паспорта БВР требуется определить безопасность нахождения людей с учетом взрыва сульфидной пыли на расстоянии 112 м от груди забоя при наличии разветвления и двух поворотов.

Исходные данные для расчета:  $q=2,6$  кг – масса заряда аммонита 6ЖВ в шпуре;  $n=0,5$ ;  $S=16,1$  м<sup>2</sup>;  $R=112$  м<sup>2</sup>;  $L=19,35$  (по формуле (5));  $\rho_0=1,29$  кг/м<sup>3</sup>;  $C_0=332$  м/с;  $\beta=0,025$  (приложение 28 [1]);  $d=4,49$  (по формуле (2));  $k_1=1,2$ ,  $k_2=1,9$  (приложение 29 [1]).

$$\Delta P_2 = \frac{10^5}{1,2^2 \times 1,9} \times \left( 29 \frac{2,6 \times 0,5}{112 \times 16,1} + 7,6 \sqrt{\frac{2,6 \times 0,5}{112 \times 16,1}} \right) \times \left( \sqrt{1 + \frac{1,29 \times 332 \times 19,35 \times 16,5}{2450 \times 2,6 \times 0,5}} \right) \times e^{-\frac{0,025 \times 112}{4,49}} = 29,04 \text{ кПа}$$

Условие  $\Delta P_2 \leq 10$  кПа не выполняется, поэтому безопасность людей в выбранном месте не обеспечивается.

Используя формулу (7) без учета взрыва сульфидной пыли получим ударную волну с перепадом давления  $\Delta P_1$

$$\Delta P_1 = \frac{10^5}{1,2^2 \times 1,9} \times \left( 29 \frac{2,6 \times 0,5}{112 \times 16,1} + 7,6 \sqrt{\frac{2,6 \times 0,5}{112 \times 16,1}} \right) \times e^{-\frac{0,025 \times 112}{4,49}} = 4,43 \text{ кПа}$$

Взрыв сульфидной пыли дал увеличение давления в 6,5 раз.

По формуле (1) для заданных условий взрывания получим значение избыточного давления на фронте УВВ без учета взрыва пыли

$$\Delta P_1 = \frac{10^5}{1,2^2 \times 1,9} \times \left( 3410 \frac{0,648}{112 \times 16,1} + 794 \sqrt{\frac{0,648}{112 \times 16,1}} \right) \times e^{-\frac{0,025 \times 112}{4,49}} = 4,74 \text{ кПа}$$

Таким образом, предложенный метод расчета безопасных расстояний по фактору УВВ при возможных взрывах сульфидной пыли в подземных выработках позволит обеспечить безопасность людей в местах укрытия.

#### Библиографический список

1. ФНП «Правила безопасности при взрывных работах». Утв. приказом Ростехнадзора РФ от 16.12.2013 г. №605. Введение в действие 10.12.2014.
2. Парамонов Г.П. Физические основы предотвращения взрывов сульфидной пыли на колчеданных рудниках: дис...док. техн. наук С-Петербург, СПГГИ, 1999, 282 с.
3. Ермолаев А.И., Тетерев Н.А. Анализ исследований в области пылевых взрывов и их предупреждение на подземных рудниках. //Изв. Вузов. Горный журнал.-2015.-№8.-с.75-80.
4. Ударно-воздушные волны при взрывах сульфидной пыли. Ермолаев А.И., Тетерев Н.А. В сборнике: Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений. Сб. докладов. Отв. за выпуск Н.Г. Валиев. 2018. С.-71-76.
5. Чернявский Э.И. Исследование взрывов сульфидной пыли при проведении выработок и изыскание способов их предупреждения.- Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Свердловск, Унипромедь, 1966, 134 с.
6. Алешин А.С. Исследование взрывов колчеданной пыли и способы борьбы с ними на горизонтах выпуска и вторичного дробления руды: автореф. дис. канд. техн. наук. Свердловск, СГИ, 1976, 155 с.

## КАФЕДРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА – 90 ЛЕТ

Елохин В.А.

ФГБУ ВО «Уральский государственный горный университет»

**Аннотация.** В статье приведена краткая история кафедры безопасности горного производства.

**Ключевые слова:** уральский государственный горный университет, горно-технологический факультет, кафедра безопасности горного производства.

### THE SAFETY DEPARTMENT OF MINING PRODUCTIONS - 90 YEARS

**Abstract:** The article presents a brief history of the Department of Mining Safety.

**Keywords:** Ural State Mining University, Faculty of Mining and Technology, Department of Mining Production Safety.

Торжественное открытие Уральского горного института состоялось 9 (22) октября 1917 г. Декретом Совета Народных Комиссаров от 19 октября 1920 г. в Екатеринбурге был учрежден Уральский государственный университет (УрГУ). Уральский горный институт был разделен на Горный и Политехнический институты. Горный институт с тремя факультетами: геологоразведочным, рудничным и металлургическим вошел в состав УрГУ.

9 мая 1925 г. Совнарком РСФСР принял решение о переименовании Уральского университета в Уральский политехнический институт (УПИ). Горный институт вошел в состав УПИ на правах горного факультета с двумя отделениями: рудничным и геологоразведочным.

Вопросы, относящиеся к безопасности горного производства, в Уральском государственном горном университете изучаются начиная с первого набора студентов.

В 20-е годы лекции по вентиляции, технике безопасности, предупреждению рудничных пожаров и горноспасательному делу студентам рудничного и геологоразведочного факультетов читал преподаватель кафедры горного искусства Анатолий Порфирьевич Шишов. До института он много лет руководил горноспасательной службой Урала и поэтому хорошо знал эти дисциплины. Им были созданы кабинеты вентиляции, газового анализа и горноспасательного дела, подготовлена и издана книга «Рудничная атмосфера».

В 1931 г. из кафедры горного искусства, готовившей инженеров многих горных специальностей, выделилось несколько самостоятельных кафедр, в том числе кафедра рудничного проветривания и техники безопасности. Штат ее был небольшим. Лекции по всем дисциплинам читал доцент В.П. Данилов. За 90 лет название кафедры менялось в зависимости от требования производства и подготовки специалистов [1-3]. Заведующими кафедрой в разные периоды были профессор Л.Н. Быков, доцент И.П. Кузнецов, профессор В.А. Ярцев, доцент В.В. Токмаков, профессор А.И. Ермолаев [4].

Более 33 лет (с 1963 года) кафедрой руководил профессор, доктор технических наук, почетный работник высшего профессионального образования РФ Владимир Алексеевич Ярцев. В 1948 г. он с отличием окончил Свердловский горный институт и был принят в аспирантуру на кафедру рудничной вентиляции и техники безопасности. После окончания аспирантуры прошел все ступеньки от ассистента до заведующего кафедрой. Ярцев был талантливым ученым и педагогом. Владел двумя иностранными языками – английским и немецким. Его основные научные труды посвящены вопросам вентиляции шахт. В 1967 г. он защитил докторскую диссертацию по теме «Проблемы проветривания рудных шахт с аэродинамически активными обрушениями». Владимир Алексеевич читал лекции в

Московском и Ленинградском горных институтах, Казахском политехническом институте, в университете г. Палермо (Италия). Он подготовил 25 кандидатов и трех докторов наук. В.А. Ярцев является автором и соавтором более 200 печатных работ и 20 изобретений. Свою деятельность в качестве заведующего кафедрой В.А. Ярцев начал с подбора кадров и активизации научно-исследовательской деятельности. На кафедру были приглашены молодые кандидаты наук В.В. Дьяков, В.И. Ковалев, Э.И. Чернявский, имеющие опыт научно-исследовательской работы в области вентиляции шахт, борьбы с рудничной пылью, рудничными пожарами и взрывами газов и пыли в шахтах.

В первые годы кафедра безопасности горного производства относилась к группе общетехнических, с 1997 года она является выпускающей. Здесь осуществляется подготовка специалистов – горных инженеров по организации работ служб охраны труда, экспертизе и оценке условий труда на рабочих местах, региональному и государственному надзору, специалистов по предупреждению, локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

С июля 2016 г. по 2018 г кафедрой руководил доцент, кандидат технических наук Александр Станиславович **Росляков**.

В 2018 году кафедру возглавил профессор кафедры геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Елохин Владимир Аскольдович.

Кафедра безопасности горного производства осуществляет образовательную деятельность по очной и заочной формам обучения, а также по индивидуальной форме обучения. Образовательная деятельность ведется по двум направлениям: «Горное дело» и «Техносферная безопасность».

Кафедра безопасности горного производства является выпускающей кафедрой, осуществляющей выпуск бакалавров, специалистов и магистров.

Основные учебные дисциплины, читаемые кафедрой: безопасность жизнедеятельности, физиология человека, гигиена труда, управление безопасностью труда, надзор и контроль в сфере безопасности, управление техносферной безопасностью, надежность технических систем и техногенный риск, медико-биологические основы безопасности, производственная безопасность, экспертиза и аудит безопасности, вентиляция промышленных объектов, декларирование промышленной безопасности, аэрология горных предприятий, технология и безопасность взрывных работ, безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело, система обеспечения безопасности горного производства, технологии горноспасательного дела, управление промышленной безопасностью, вентиляция карьеров, мониторинг и прогнозирование опасных природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, расчет и проектирование систем обеспечения безопасности, экспертиза безопасности, активные методы предупреждения пожаров, безопасные технологии взрывных работ в горном производстве.

В 2019 году кафедра выступила инициатором проведения международной научно-практической конференции «Безопасность технологических процессов и производств».

Кафедра безопасности горного производства является одной из самых молодых выпускающих кафедр университета. Коллектив кафедры сегодня ведет активную научную работу в области техносферной, технологической, промышленной и экологической безопасности горного производства. На кафедре подготовлено более 50 кандидатов технических наук, 4 доктора технических наук и более 500 горных инженеров. Выпускники кафедры работают в отделах охраны труда и техники безопасности промышленных предприятий, департаменте труда Свердловской области, подразделениях ВГСЧ, органах Ростехнадзора, НИИ охраны труда и в других организациях и учреждениях.

#### **Библиографический список**

1. <http://pressa.ursmu.ru/5575.html>
2. <http://edu.ursmu.ru/fakultety/gtf/bgp.html>

3. <http://edu.ursmu.ru/podrazdelenie/istoriya-fakulteta-gtf.html>

4. Филатов В. В. «Отечествопользы для...» (75 лет Уральскому горному институту. 1917-1992) – Екатеринбург – 1992. С. 164-166

Научное издание

Безопасность технологических процессов и производств

Труды III Международной научно-практической конференции

26 мая 2021 г.  
г. Екатеринбург

Под редакцией доктора геолого-минералогических наук,  
профессора В.А. Елохина

Компьютерная верстка В. А. Елохин