

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА– РЕГИОНАМ»**

13–22 апреля 2015 года

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 622.271

**МОНИТОРИНГ КАРЬЕРОВ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

ЗАРОВНЯЕВЪ.Н., ШУБИНГ.В., ВАСИЛЬЕВИ.В.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.Аммосова, г. Якутск

Эффективный мониторинг в современных условиях возможен с помощью приборов дистанционного типа, в частности с использованием систем лазерного сканирования, специально разработанных для условий открытых горных работ швейцарской фирмой «Leica», хорошо зарекомендовавших себя, пригодных для использования в суровых климатических условиях.

Система LeicaHDS 8800 отличается высокой скоростью сканирования, простотой в управлении, удобством использования. Она апробирована на кафедре открытых горных работ горного института СВФУ им.М.К.Аммосова в целях мониторинга карьера «Нюрбинский».

По периметру карьера на дневной поверхности и уступах должны быть оборудованы стационарные опорные пункты, с которых отчётливо просматриваются борта карьера. При выборе стационарных опорных пунктов необходимо учесть условие наименьшего количества мёртвых зон, с опорных пунктов производится весь объём планируемых исследований и дальнейших наблюдений.

Система LeicaHDS 8800, доставленная к опорному пункту из транспортного состояния, переводится в рабочее состояние.

Полученные с одних и тех же точек в разные промежутки времени сканы сопоставляются друг с другом, на основании чего делаются выводы о динамике сдвижения бортов карьера, а также получаем возможность производить подсчет выполненных объемов.

Исследования в карьере проводились в мае, июле и октябре 2014 года, в условиях вечной мерзлоты эти периоды можно условно подразделить: май – период оттайки мерзлых грунтов, июль – период максимальной оттайки мерзлых грунтов, октябрь – период промерзания и вспучивания грунтов.

Мониторинг проводился с 5 точек, но в основном с трёх постоянных стационарных опорных пунктов, находящихся в карьере и на его поверхности. Сканер устанавливался на штатив в точках, находившихся в карьере на 130 горизонте севера и юга, а также на поверхности горизонта 260 – точка ПП4. В нашем случае плотность облака составляет 4 точки на 1 кв. м, настройка оборудования и введение параметров: высоты сканера, температуры атмосферного давления окружающей среды. Сканирование велось с одних и тех же точек в разное время. Из стационарных точек с закрепленными координатами был снят карьер, а затем производилось объединение и наложение сканов друг на друга.

Исследование в карьере проводились в мае 2014 года с четырёх опорных пунктов, затем в июле с трёх из-за ликвидации опорной точки 220.81 в связи с расширением карьера, а в

октябре вновь с четырёх точек с добавлением точки uv5. Стационарные опорные пункты представлены на рисунке 1, границы исследуемого юго-восточного борта карьера отмечены зелёной замкнутой полилинией.

Названия и координаты стационарных опорных точек приведены в таблице 1, климатические параметры – в таблице 2.

Таблица 1 – Наименования и координаты расположения стационарных пунктов сканирования карьера «Нюрбинский»

Координаты	Y	X	Z
Опорная точка			
130s	3950.464	4480.323	131.188
130y	3745.403	3814.213	130.661
220.81	3525.107	3745.167	225.417
uv5	4203.151	3827.029	245.179
pp4	3245.2778	4267.9791	263.2503

Таблица 2 – Климатические параметры в период проведения экспериментов на карьере «Нюрбинский»

Дата проведения экспериментов (2014 г.)	Климатические параметры		
	Температура t , °C	Относительная влажность φ , %	Атмосферное давление P , мм рт. ст.
15 мая	13,4	23	751,6
23 июля	17,9	36	741,5
11 октября	-4,2	41,7	754,2

По результатам сканирования на рисунке 1 составлена 3D-модель карьера «Нюрбинский», построенная на облаке точек.

Мониторинг изменения юго-восточного борта карьера выполнен по результатам лазерного сканирования прибором LeicaHDS-8800. После необходимой обработки участка карьера, для сравнения результатов проводятся горизонталы, высота сечения рельефа при этом 5 м. На исследуемом участке карьера методом наложения друг на друга результатов трёх съёмки, проведённых в некотором интервале времени, получен наглядный рисунок горизонталей (рисунок 2).

Анализ горизонталей позволяет сделать заключение о наличии смещений юго-восточного борта карьера «Нюрбинский». На рисунке 2 в выделенном квадрате крупным планом просматривается картина, напоминающая наличие области сдвижения ниже 130 горизонта (обозначена цифрами 1 и 2). Категорично утверждать о наличии этого факта нельзя, так как не исключена в данном случае погрешность лазерного сканера, поскольку съёмка внутри карьера была произведена с двух стационарных опорных точек 130y и 130s, и для подтверждения необходимо проведение дополнительного сканирования.

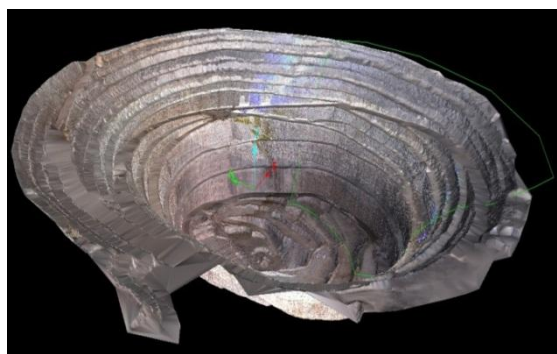


Рисунок 1 – 3D-модель карьера "Нюрбинский", скан от 15 мая 2014 года

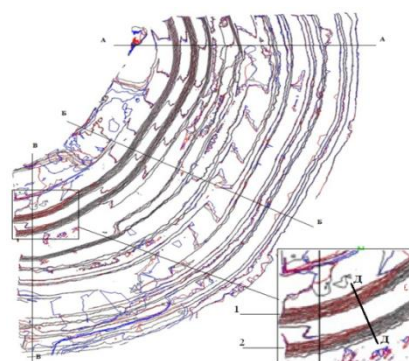


Рисунок 2 – Горизонталы карьера «Нюрбинский» в периоды: черные – горизонталы от 15.05.2014 г.; красные – горизонталы от 23.07.2014 г.; синие –

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Васильев И.В.Использование лазерного сканирования для исследования геомеханического состояния бортов карьера// Международный научно-исследовательский журнал. 2012. Ч. 1. 5(5). С. 75–76.
2. Заровняев Б.Н., Сорокин В.С., Шубин Г.В., Васильев И.В.Совершенствование системы мониторинга глубоких карьеров // Горный информационно-аналитический бюллетень. Горный инженер. «Современные технологии на горнодобывающих предприятиях». Отдельный выпуск. 2012. № 7. С. 211–218.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИКАЦИЙ ПИД-РЕГУЛЯТОРА В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

ЗЕБЗЕЕВА Ю.П., ОСИНЦЕВ И.А.
Уральский государственный университет

Наиболее гибким и универсальным законом регулирования (в классе линейных законов) для управления инерционными объектами с запаздыванием является *пропорционально-интегрально-дифференциальный закон* (ПИД).

В статье рассматриваются некоторые модификации ПИД-регулятора, способствующие улучшению качества переходного процесса и ослаблению влияния внешних возмущений и шумов.

В классическом ПИД-регуляторе сигнал ошибки равен разности между задающим воздействием $x_3(t)$ и управляемой величиной $x(t)$: $e(t) = x_3(t) - x(t)$. Однако качество регулирования можно улучшить, если ошибку вычислять отдельно для пропорциональной, дифференциальной и интегральной составляющих (см. рисунок 1), введя в структуру регулятора настроечные весовые коэффициенты b и c , численные значения которых можно варьировать от нуля до единицы.

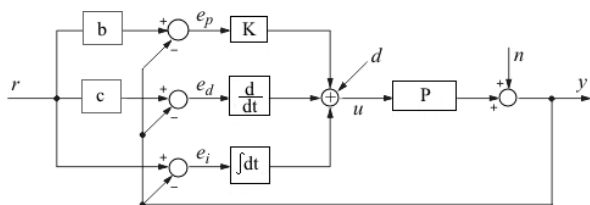


Рисунок 1 – ПИД-регулятор с весовыми коэффициентами b и c

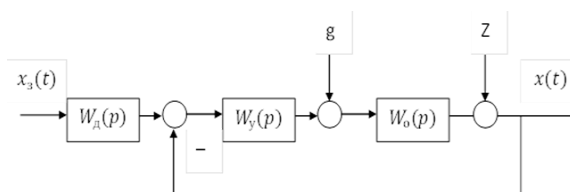


Рисунок 2 – Выделение блока $W_d(p)$ в структуре ПИД-регулятора

Отметим, что весовой коэффициент при интегральной составляющей отсутствует, что необходимо для обеспечения нулевой ошибки в установившемся режиме. На рисунке 2 представлена преобразованная алгоритмическая структура системы управления.

Структура полученного регулятора имеет замечательное свойство: блок $W_d(p)$ не входит в контур регулирования. Это означает, что параметры b и c настраиваются независимо от параметров устойчивости, качества регулирования, реакция на шумы и внешние возмущения по-прежнему будут определяться только параметрами K , T_d , T_i . Параметры b и c определяют вид амплитудно-частотной характеристики $W_d(p)$ блока и позволяют улучшить качество реакции регулятора на изменение задающего воздействия $x_3(t)$.

Задача регулирования отношений возникает, когда важно поддерживать не абсолютные значения параметров, а соотношение между ними. Например, отношение величины расхода компонентов или величины объемов, что наиболее характерно для процессов сгорания (направление топлива на форсунки горелки). Пример решения данной задачи представлен на рисунке 3, а.

Первый регулятор поддерживает выходную величину x_1 равной значению уставки x_{31} . Значение уставки второго регулятора пропорционально регулируемой величине первого регулятора: $r_2(t) = ax_{31}(t)$. Величина отношения устанавливается блоком a и может изменяться в соответствии с алгоритмом работы системы.

Однако величина $x_{31}(t)$ всегда изменяется с некоторой задержкой относительно x_1 . В свою очередь величина $x_{32}(t)$ будет отставать по времени от желаемого значения $ax_{31}(t)$. Смягчить эту проблему позволяет структура, показанная на рисунке 3, б. Здесь блок a имеет два входа и описывается выражением

$$x_{32}(e) = a[\gamma x_{31}(t) + (1 - \gamma)x_1(t)], (1)$$

где γ – параметр, определяющий вклад $x_{31}(t)$ или $x_1(t)$ в величину $x_{32}(t)$.

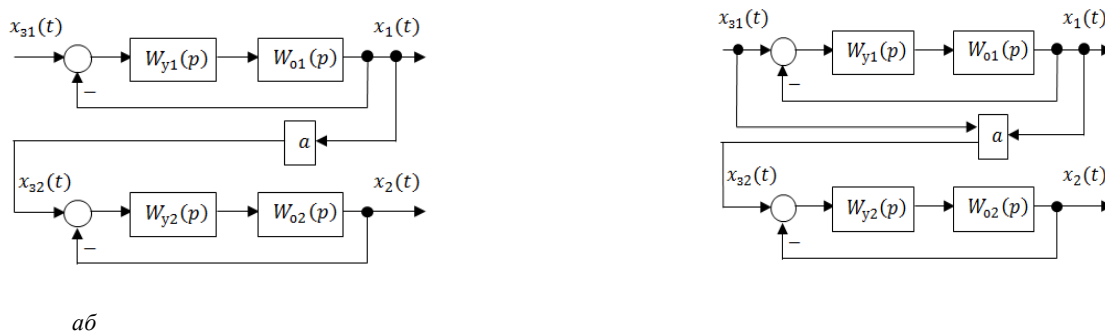


Рисунок 3 – ПИД-регулятор отношений:
а – классический; б – с увеличенным быстродействием

Для управления объектами с большой транспортной задержкой обычно при отношении времени запаздывания объекта τ к его постоянной времени T больше 0,5 используют специальные структуры ПИД-регуляторов, содержащие блоки для предсказания поведения объекта.

Упредитель Смита – одна из нескольких стратегий, которые были разработаны для повышения производительности систем, содержащих большие временные задержки. На рисунке 4 показана модифицированная алгоритмическая схема упредителя Смита для инерционного объекта с запаздыванием с передаточной функцией $W_o(p)$.

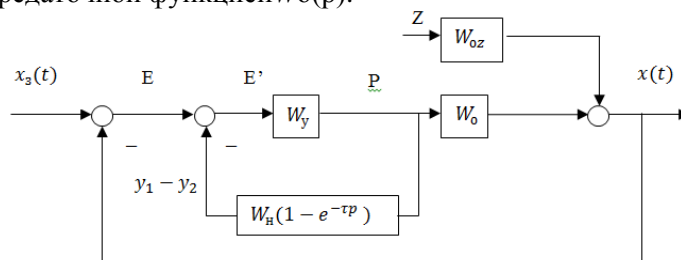


Рисунок 4 – Модификация системы управления с упредителем Смита

Передаточная функция для внутреннего контура обратной связи

$$\Phi_{\text{вн}}(p) = \frac{P(p)}{E(p)} = \frac{W_y(p)}{1 + W_y(p)W_n(p)(1 - e^{-\tau p})}. \quad (2)$$

После преобразований передаточная функция системы определяется по формуле:

$$\Phi(p) = \frac{x(p)}{x_3(p)} = \frac{W_y(p)W_n(p)(1 - e^{-\tau p})}{1 + W_y(p)W_n(p)}. \quad (3)$$

Сравнивая выражения (2) и (3), можно отметить, что временная задержка отсутствует в характеристическом уравнении системы, но присутствует в выражении внутреннего контура обратной связи. Это теоретически доказывает свойство упредителя Смита компенсировать временную задержку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисенко В.А. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // СТА. 2006. № 4. С. 66–74.
2. Лукас В.А. Теория управления техническими системами. Екатеринбург: УГГА, 2005. 677с.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МОНИТОРИНГЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

КИНДЛЕР А. А.

Уральский государственный горный университет

Статья посвящена роли информационных технологий при проведении мониторинга, рассматривается положительный эффект использования и внедрения информационных технологий в производство. Автор отмечает ряд достоинств в функционировании данных систем и указывает на необходимость их введения для увеличения скорости и качества производственного процесса, а также своевременного и оперативного прогноза ситуации.

Ключевые слова: информационные системы, геоинформационные системы (ГИС), мониторинг, техногенное загрязнение, учет и обработка данных.

MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN ENVIRONMENT MONITORING

Daily amount of accumulated data is steadily increasing, the information is constantly updated and recent knowledge becomes obsolete.

This applies to all spheres of human life from financial to spiritual. Besides, the process of storage and processing information as well as speed of its accumulation is accelerating. For processing such huge amounts of information it is necessary to automate the entire process from the very beginning to its subsequent storage or transmission.

If we regard such an object as the Ural Federal District (UFD), which is about 11% of the territory of Russia and is the largest mineral resource base (the total volume of active UFD resources constitute about 80% of the total volume of all the resources of Russia), it becomes clear that the amount of accumulated information in this area is huge. This information concerns chemical and radiological analysis of wells, licensing data, the location of wells and some other aspects. The problem of environmental pollution as well as rational and safe utilization of the subsoil area are urgent for this region. It is necessary to study their condition and to forecast the processes taking place, in other words, to monitor the territory.

On the background of high anthropogenic impact there is an acute problem of groundwaters pollution used for economic purposes which is the result of:

- industrial complex action (using of subsoil for storage of waste products and consumption; urbanization of areas.);
- influence of agrarian sector (irrigation of lands, water pollution by nitrates, nitrogen and other types of fertilizers);
- we should not forget about the social side (construction and operation of underground facilities, production of drinking water, etc.)

The sum of natural and technogenic contamination contributes to complicated comprehensive nature pollution covering all areas.

The most effective method to handle a large amount of input data is using information technologies.

A particular example of which are geographic information systems (GIS).

They are able to combine both spatial (location of the source of pollution or wells on the map) and attribute data (results of the chemical analysis etc.), which give a lot of advantages:

- convenience of working in this environment, which will undoubtedly lead to an increase in labour productivity, as well as to the speed of decision-making;
- presentation (the ability to take out the objects of interest and information (content maps))
- creating links and common databases of an object, even with heterogeneous
- databases or having different data sources;
- the possibility of spatial analysis and modeling anthropogenic factors;

In order to estimate any impact of industry on the territory, information preparation takes from 30 to 60% of the time, however, information systems are able to provide information quickly in convenient form.

The main purpose of information systems is to provide you with information on a specific problem or question, just as they help to reduce time spent by a specialist in solving various types of problems.

Most modern information systems include data repository as a means to implement various procedures. With a GIS it has become possible to carry out online:

- accounting of actual location of objects of monitoring;
- accounting status and utilization of natural resources, general economic activity of the territory;
- forecasting emergencies with assessment of possible consequences;
- optimization of logistics problems;
- optimal placement of objects (agricultural, residential facilities, etc.);

Specialists in the workplace can solve the problems of various spectrum on the basis of spatially referenced information such as:

- analysis of environmental change under the influence of natural and anthropogenic factors;
- rational utilization and protection of water, land, air, mineral and energy resources;
- damage reduction and prevention of technological disasters;
- ensuring security of people, protection of their health;

Thus, with the help of information technology it has become possible to predict possible locations of pipelines damage and to trace spreading of pollution on map and estimate probable damage to natural environment to calculate the amount of material resources necessary for elimination of accident consequences in real time.

With the help of GIS it is possible to select industrial enterprises carrying out emissions, to reflect the wind rose and groundwater in the surrounding area and to model the spreading of emissions in the environment. All this shows a great potential of information technology for environmental monitoring.

Summing up it is necessary to note that similar information systems to meet all the necessary parameters are ready for introduction at an enterprise. The problem consists in insufficient number of specialists of high qualification for working in the software medium in view of its complexity.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеенко В. А. Эколого-геохимические изменения в биосфере: Развитие, оценка. М.: Университетская книга, Логос, 2006.
2. Берлянт А. М. Картография: учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2001.
3. Гузева Я. А. Оценка степени загрязнённости на нефтяных месторождениях с использованием ГИС. URL: <http://esri-cis.ru>
4. Официальный сайт компании EsriGis. URL: <http://www.gis.su>

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ПРОТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

МАРКУШИН Д. В., ЛАПИН Э. С.

Уральский государственный горный университет

Система предназначена для работы в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом станции очистки производственно-дождевых сточных вод (далее СОПДСВ или объект); локального или централизованного, непрерывного контроля над технологическим оборудованием, технологическими параметрами объекта; предоставления полной информации об объекте автоматизации; осуществления оперативного контроля и управления технологическим оборудованием СОПДСВ НПС; сбора, обработки, хранения технологической информации; предоставления необходимой оперативной и актуальной информации оперативному персоналу станции.

Система осуществляет следующие функции:

- автоматическое измерение всех необходимых технологических параметров и контроль параметров состояния оборудования;
- автоматическую защиту технологического оборудования по аварийным и предельным значениям контролируемых параметров и при отказах систем обеспечения;
- программное управление и поддержание заданного режима работы технологического оборудования и нормативных условий эксплуатации оборудования;
- программное управление подготовкой и переключением оборудования по командам оператора СОПДСВ;
- обнаружение отказов оборудования при его работе и при переключениях по результатам контроля выполнения команд;
- отображение и регистрацию основных контролируемых технологических параметров и параметров, характеризующих состояние оборудования в процессе очистки и в условиях проведения ремонтных и пуско-наладочных работ;
- функции системы измерения и регистрации нормативных параметров;
- подготовку и передачу результатов обработки информации на уровень НПС по каналам дискретных сигналов.

ПО ПЛК обеспечивает:

- поддержку сложных типов данных (структур, объектов);
- наличие редактора создания собственных функциональных блоков;
- возможность выгрузки прикладной программы из ПЛК, её просмотра и редактирования с сохранением комментариев в листинге;
- наличие режима пошаговой отладки прикладных программ (Debugger);
- наличие режима симуляции для отладки программы при отсутствии подключения к реальному ПЛК;
- наличия режима эмуляции ПЛК;
- возможность анимированного отображения состояния переменных при подключении к реальному контроллеру или симулятору;
- наличие конфигуратора ПЛК;
- наличие конфигуратора сетей ПЛК;
- наличие средства диагностики ПЛК;
- наличие подробной справки;
- наличие развёрнутой справочной информации по языкам программирования, средствам конфигурирования, отладки и эмуляции ПЛК;
- наличие средств поиска переменных с широкими возможностями настройки «фильтров» поиска.

Компоновке шкафов обеспечивается:

- клеммные поля располагаются преимущественно вертикальными рядами из расчёта максимальной близости к месту кабельных вводов;
- использованы клеммы с возможностью монтажа жил кабеля под пружинный зажим;
- для заземления оборудования шкафа предусмотрена шина заземления, установленная в нижней части. Шина заземления выполнена в горизонтальной плоскости. Болты и гайки заземления применены с резьбой М5. Количество болтов предусмотрено с 20 % запасом заземляющих проводов и экранов кабелей, исходя из того, что на один болт будет посажено не более двух заземляющих проводников. На болтах установлено по три шайбы.
- при вводе кабеля в шкаф обеспечено крепление каждого кабеля;
- объем короба для размещения кабелей внешних соединений и внутренних связей обеспечивает размещение всех кабелей, учитывая запас в объёме 20%;
- используются двери шкафов с углом открытия 180°.

Описание мнемосхем МПСА СОПДСВ.

Главное меню

Через «Панель навигации» на экран монитора могут быть выведены следующие мнемосхемы:

- «Система очистки производственных дождевых сточных вод», главная мнемосхема, отображающая блок-схему СОПДСВ с условным изображением всех технологических узлов станции;
- «Приготовление хим. реагентов», отображающая работу группы технологических узлов: «Узел приготовления и дозирования раствора коагулянта»; «Узел приготовления и дозирования раствора флокулянта»; «Узел приготовления и дозирования раствора гипохлорита»; «Емкость разрыва струи»;
- «Флотация», отображающая работу группы технологических узлов: «Флотатор»; «Узел подачи воды на фильтры»; «Приямок осадка»;
- «Фильтры», отображающая работу группы технологических узлов: «Узел пятиступенчатой фильтрации»; «Компрессор продувки фильтров»;
- «УФ лампы», отображающая работу группы технологических узлов: «Узел промывки УФ-ламп и включения УФ-установок»; «Узел обратноточной промывки»;
- «Промывка», отображающая работу группы технологических узлов: «Узел нейтрализации щелочи»; «Узел проведения щелочной промывки».

Главная мнемосхема «Система очистки производственных сточных вод» носит информационный характер, она дает наглядное представление о взаимосвязи отдельных технологических узлов станции друг с другом (см. рисунок 1). При наведении курсора в зону условного изображения технологического узла на главной мнемосхеме и нажатии левой кнопки мыши осуществляется вызов мнемосхемы с группой узлов, в который входит выбранный технологический узел.

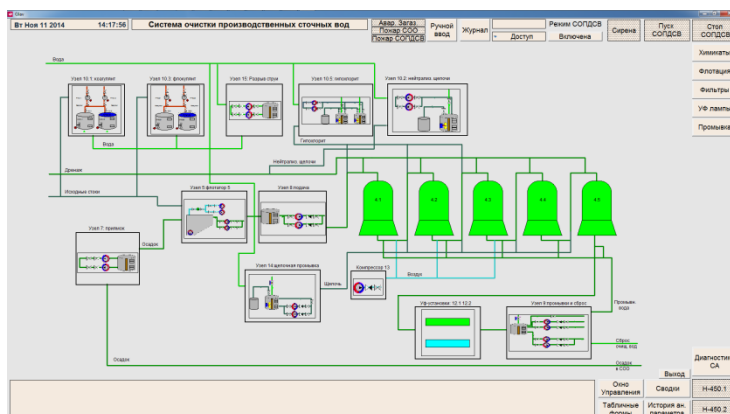


Рисунок 1–Мнемосхема «Система очистки производственных сточных вод»

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И УПРОЩЕННОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ОСИНЦЕВ И.А., ЛЕОНОВ Р. Е.

Уральский государственный горный университет

Современные технологические объекты и производственные процессы на горных предприятиях характеризуются непрерывным ростом скоростей, размеров и мощностей машин и агрегатов, усилением и усложнением взаимной связи между ними. Для эффективного управления технологическим оборудованием необходимо воспринимать, запоминать и перерабатывать с высокой скоростью и точностью большое количество информации. В связи с этим применяют автоматизированные системы управления. Необходимой базой для создания автоматических систем управления является использование вычислительной техники и передача компьютеру функций человека. Внедрение цифровых систем управления стало возможным вследствие роста степени интеграции в микропроцессорной технике и создании микроконтроллеров со встроенным набором специализированных периферийных устройств. Применение микроконтроллеров дает экономическое преимущество, позволяет с минимальными затратами гибко управлять производственным процессом. На сегодняшний день в России одними из лидеров применения микроконтроллеров стала фирма Atmel Corporation.

Для микроконтроллеров фирмы Atmel существуют различные языки программирования, но, пожалуй, наиболее подходящими, на наш взгляд, являются Ассемблер и Си, поскольку в этих языках в наилучшей степени реализованы все необходимые возможности по управлению аппаратными средствами микроконтроллеров.

Ассемблер – низкоуровневый язык программирования, использующий непосредственный набор инструкций микроконтроллера. Его использование требует хорошего знания системы команд программируемого чипа и большого количества времени.

В языке *Си* сочетаются возможности программирования низкого уровня со свойствами языка высокого уровня. Возможность низкоуровневого программирования позволяет легко оперировать непосредственно аппаратными средствами, а свойства языка высокого уровня позволяют создавать легко читаемый и модифицируемый программный код. Кроме того, практически все компиляторы Си имеют возможность использовать ассемблерные вставки для критичных участков программы.

Однако, общим недостатком этих языков программирования является сложность использования. Ассемблер и Си слабо привязаны к аппаратной составляющей автоматической системы. Даже при прототипировании инженер по автоматизации вынужден описывать большое количество общей для всех программ логики.

Учитывая производственную необходимость, развитие робототехники и повышение спроса, на любительском рынке появились доступные платформы, предоставляющие гибкие программно-аппаратные средства. Их использование сделало возможным создание роботов, квадрокоптеров, локальных автоматических систем. Одной из таких платформ является *Arduino*. Программные средства включают в себя интегрированную среду разработки с компилятором *avr-gcc*, а также открытые библиотеки, инкапсулирующие низкоуровневую логику и часто используемые функции в расширяемый объектно-ориентированный API. Использование подобных библиотек экономит ресурсы, избавляет от ошибок, ускоряет разработку. Например, вывод на ЖК-дисплей можно организовать программой из 14 строк. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат на основе AVR Atmega, что снижает стоимость проекта. Свободное лицензирование всех компонентов Arduino стало причиной появления множества дополнительных компонентов.

Упрощенная система контроля и управления дроссельной заслонкой представляет собой МК AVR Atmega 328 с аналоговым датчиком температуры (D1), сервоприводом и RGB-светодиодом (С), см. рисунок 1. Встроенный в процессор АЦП преобразует напряжение в

дискретную величину. В дальнейшем она анализируется и используется для сигнализации об аварийных ситуациях, индикации температуры и регулирования угла поворота сервопривода. При увеличении температуры повышается сигнальное напряжение на датчике и увеличивается дискретное значение в памяти микропроцессора. Пропорционально увеличению напряжения на выводах датчика меняется угол поворота сервопривода, при увеличении температуры механизм поворачивается налево, иначе направо. Изначально заслонка расположена горизонтально (открыта), что соответствует зелёному сигналу индикатора. При увеличении температуры заслонка начинает поворачиваться против часовой стрелки, горит жёлтый индикатор. При достижении максимального угла поворота (заслонка полностью закрыта) индикатор горит красным. Параллельно с регулированием осуществляется непрерывная передача текущих значений температуры через последовательный порт на ПК.

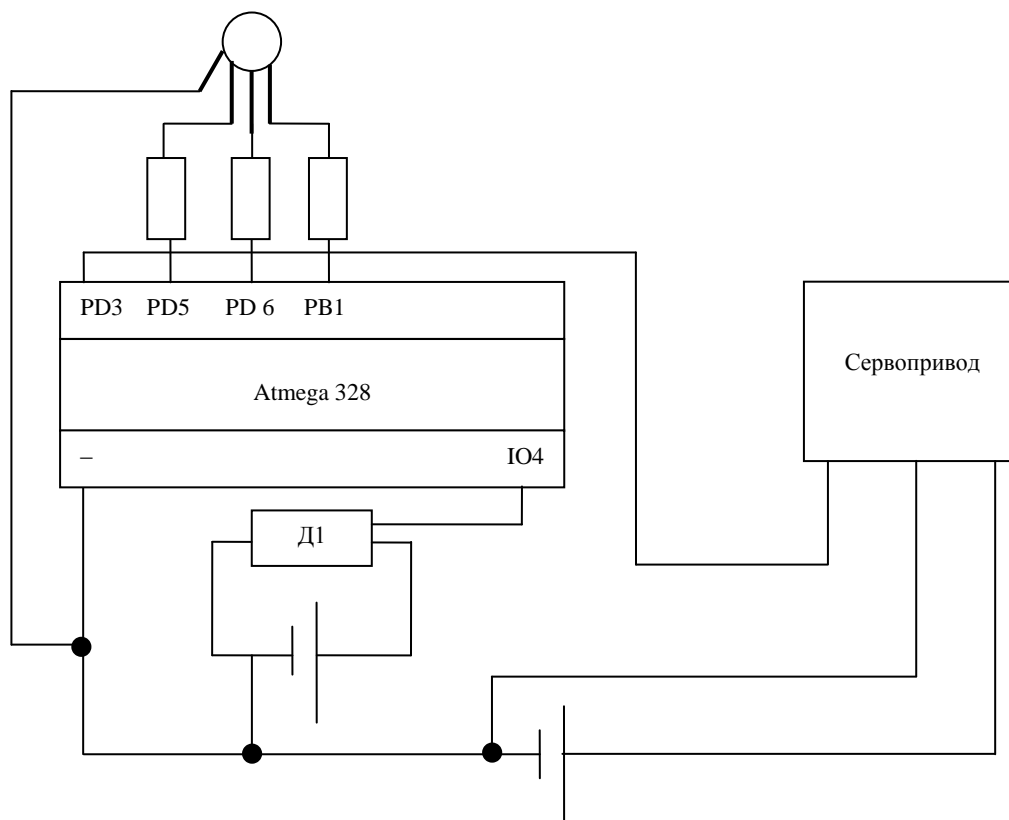


Рисунок 1 – Автоматическая система управления дроссельной заслонкой

С помощью упрощенной платформы управления можно разрабатывать различные интерактивные устройства, обрабатывать данные датчиков и переключателей, управлять двигателями и т.д. Устройства могут быть автономными или взаимодействовать между собой или ПК. Использование открытых библиотек позволяет улучшить качество программного кода, упростить манипулирование аппаратным обеспечением контроллера и, в конечном счете, повысить качество системы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блум Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. СПб.: БХВ-Петербург, 2015. 336 с.
2. Леонов Р.Е. Микропроцессорная техника. Конспект лекций. Екатеринбург: УГГУ, 2006. 107 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ КРУПНЫХ ЗДАНИЙ ПОСРЕДСТВОМ ЗОНАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

ТЕЛЬМИНОВ М. А., БРУСНИЦЫН И. В.

Уральский государственный горный университет

Современная технология строительства зданий подразумевает наличие большого количества инженерных систем. Вновь строящиеся жилые комплексы, как правило, являются многофункциональными с точки зрения наличия помимо жилых помещений офисных, торговых, спортивных, развлекательных площадей, гаражей-автостоянок и т. д. Возрастают и требования к потребительским качествам жилых помещений: покупатели квартир стараются получить более качественное жильё, более комфортные условия проживания. Эти обстоятельства вынуждают застройщиков использовать для климатизации жилых и общественных помещений достаточно сложные системы вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха. Помимо систем климатизации на подобных объектах функционирует целый ряд других систем: освещение, противопожарные системы, система безопасности и охранного телевидения и др. Обеспечивают надёжную и безотказную работу этих систем средства автоматизации и диспетчеризации. Данные системы позволяют при относительно низких капитальных затратах обеспечить высокое качество микроклимата (высокие потребительские качества здания) и снижение расходов на эксплуатацию за счёт уменьшения энергопотребления и повышения надёжности работы оборудования.

Под *зоной* понимается одно помещение или ряд помещений с однохарактерными нагрузками. Принцип работы системы зонального регулирования основан на изменении подачи воздуха в зависимости от тепловой нагрузки в данном конкретном помещении. При этом требуемая температура поддерживается в каждом помещении индивидуально вне зависимости от того, какой режим выбран в других помещениях.

Система зонального регулирования предназначена (имеет различный алгоритм функционирования) для работы при следующих режимах обработки воздуха: нагрев, охлаждение, вентиляция. В каждом режиме система имеет определённый алгоритм функционирования.

Основными элементами системы зонального регулирования являются:

- *микропроцессорный операционный блок* (осуществляет сбор показаний с датчиков температур, анализ и выбор режимов функционирования, формирует сигналы управления воздушными заслонками);
- *комплект зональных термостатов или зональных дистанционных пультов управления* (измерение текущих значений температуры в помещениях);
- *байпасный клапан*.

Экономия. За счёт неиспользуемых зон можно экономить энергоресурсы. К примеру: вы устанавливаете «дежурный режим» $+5-7^{\circ}\text{C}$ в гостевой комнате, а когда придут гости – зона в течение 10–20 мин может прогреться до нужной температуры.

Установки ТС производятся с четырьмя различными типами теплообменников:

- *секция с вращающимся роторным теплообменником.* Для бесшагового регулирования температуры она оснащена электронной системой Varimatic. Производятся также секции с постоянной скоростью вращения ротора;
- *секция с пластинчатым перекрестноточным теплообменником.* Является идеальным решением в случаях, когда желательно разделить потоки приточного и вытяжного воздуха. Имеет встроенный байпас для регулирования процесса рекуперации тепла;
- *секция теплообменника со связанными змеевиками (с промежуточным теплоносителем).* Применяется там, где необходимо полное разделение приточной и вытяжной установок. Теплообменники соединены с насосом и системой труб, по которым осуществляется циркуляция смеси воды и гликоля;

- *секция теплообменника с тепловыми трубками.* Применяется при необходимости полностью разделить потоки приточного и вытяжного воздуха. Имеет встроенный байпас для регулирования процесса рекуперации тепла.

Применение любого из четырёх современных теплообменников гарантирует значительное снижение потребления энергии, а значит, сокращение эксплуатационных расходов.

Агрегаты ТС в рециркуляционном варианте оснащаются эффективными секциями смешения. Воздушные заслонки, укомплектованные резиновыми уплотнителями, не допускают поступления воздуха в приточную и вытяжную установки, когда те не работают. Используются секции фильтров пяти классов от EU3 до EU9. Простые, эффективные зажимные скобы, перемещаемые по рельсам скольжения, обеспечивают плотную посадку мешочных фильтров и простоту их замены.

Для нагрева воздуха до требуемой температуры применяются секции нагрева, работающие в зависимости от модификации на горячей воде, паре или электричестве. Секции охлаждения для прямого и косвенного испарения снабжаются поддоном для конденсирующейся воды. Агрегат ТС может оснащаться секцией увлажнения воздуха. Для перемещения воздуха используют секции с радиальными вентиляторами (лопатки рабочего колеса могут быть загнуты как вперед, так и назад), имеющими высокий КПД и низкий уровень шума. При монтаже вентиляторов используются эффективные виброизоляторы.

В конструкции агрегатов ТС особое внимание уделено удобству эксплуатации. Установки имеют открывающиеся с помощью специального ключа инспекционные дверки, которые позволяют осуществлять лёгкий доступ к оборудованию для обслуживания. Они подвешены на петлях, и если пространство для открывания недостаточно – петли легко отсоединяются, после чего дверки снимаются. Почти все компоненты агрегата ТС легко выдвигаются из корпуса, что упрощает обслуживание.

Широкий диапазон значений производительности агрегатов ТС позволяет применять их и в маленьких офисных помещениях, и в больших производственных корпусах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панкратов В. В., Колубкова А. Н., Шилкин Н. В. Системы автоматизации и диспетчеризации высотных жилых комплексов // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. 2005. № 4. С. 8–17.
2. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей.: учеб. пособие. СПб., 2013.
3. Наумова А. А. Выбор энергоэффективных систем кондиционирования воздуха офисных зданий // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. 2005. № 5. С. 20–23.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕКЛАССИЧЕСКИХ ЗАКОНОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

КОТЕГОВА Е. В.

Уральский государственный горный университет

При автоматизации технологических процессов часто приходится встречаться с объектами, обладающими неблагоприятными динамическими свойствами, – управляемая величина интенсивно изменяется под воздействием возмущений и имеет большое запаздывание по отношению к управляющему воздействию и значительную инерционность. Такие объекты управления нередки в горной технологии (шаровая мельница, классификатор, флотомашина и др.), в теплоэнергетике (котлоагрегаты).

Методики расчета оптимальных параметров настроек типовых регуляторов в одноконтурных системах для инерционных объектов с запаздыванием общеизвестны и не вызывают затруднений при настройке регуляторов в промышленных условиях, требуя лишь коррекции при неточном математическом описании объекта.

В статье рассматривается возможность применения неклассического пропорционально-интегрально-разностного (ПИР) закона регулирования для управления объектами с самовыравниванием и запаздыванием. При этом сравниваются показатели качества управления при типовом ПИР-законе регулирования и ПИ-законе регулирования с передаточной функцией

$$W_{\text{пир}}(p) = K_p + \frac{K_p}{T_{\text{и}}p} - \frac{K_p K_o}{T_{\text{и}}p} e^{-p\tau_o},$$

где K_p – передаточный коэффициент регулятора; $T_{\text{и}}$ – время изодрома; K_o – передаточный коэффициент разностной составляющей; τ_o – время запаздывания разностной составляющей.

Цифровое моделирование системы управления показало, что применение ПИР-регулятора в системе, настроенной по ПИ-закону на апериодический процесс с минимальным временем регулирования, нецелесообразно, так как уменьшать динамическое отклонение и время переходного процесса не удается.

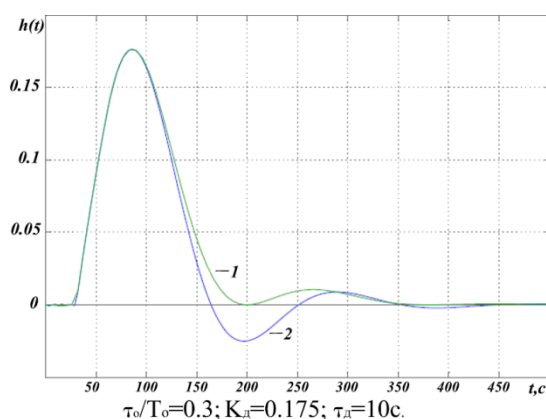


Рисунок 1 – Переходные характеристики системы с ПИР-регулятором (1) и ПИ-регулятором (2)

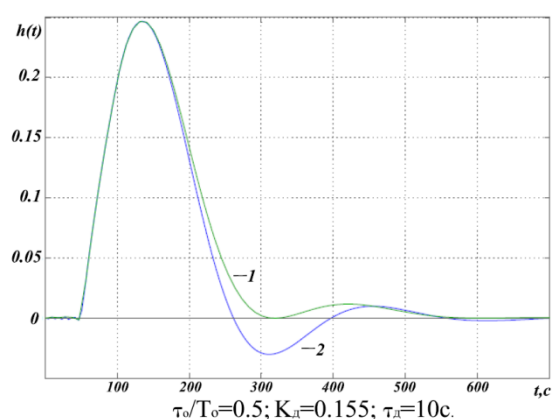


Рисунок 2 - Переходные характеристики системы с ПИР-регулятором (1) и ПИ-регулятором (2)

На рисунках 1 и 2 представлены переходные характеристики системы по каналу «возмущение – управляемая величина» с ПИР-регулятором и ПИ-регулятором, настроенным

на 20 % перерегулирование при разных соотношениях времени запаздывания объекта к его постоянной времени τ_0/T_0 и различных параметрах разностной составляющей ПИР-регулятора.

На рисунках 3 и 4 представлены переходные характеристики с ПИР-регулятором и ПИ-регулятором, настроенным на минимум квадратичной интегральной оценки.

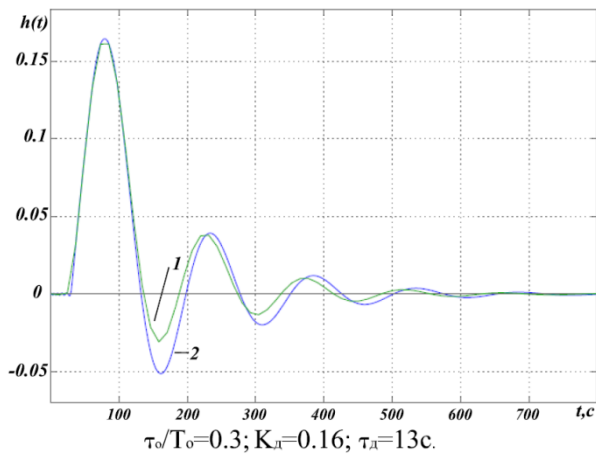


Рисунок 3 – Переходные характеристики системы с ПИР-регулятором (1) и ПИ-регулятором (2)

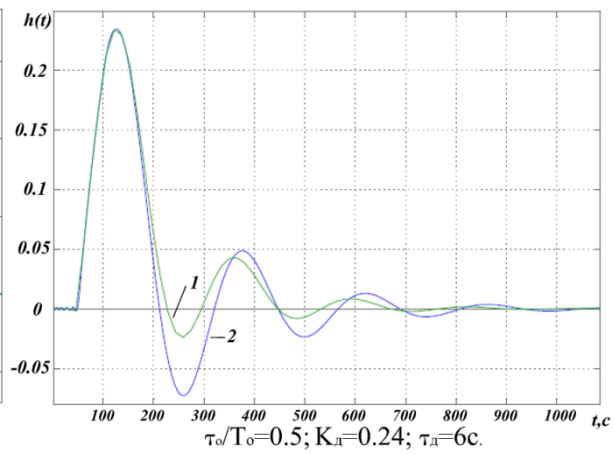


Рисунок 4 – Переходные характеристики системы с ПИР-регулятором (1) и ПИ-регулятором (2)

Анализ переходных процессов на рисунках 1–4 показал:

1) Применение ПИР-регулятора значительно сокращает (по сравнению с ПИ-регулятором) длительность переходного процесса и может уменьшить перерегулирование до нуля при выполнении соотношений: $\tau_0/T_0 \leq 0,5$; $\tau_0 \leq \tau_0$ (рисунки 1, 2).

2) Применение ПИР регулятора значительно сокращает (по сравнению с ПИ-регулятором) длительность переходного процесса и уменьшает перерегулирование при выполнении соотношений: $\tau_0/T_0 \leq 0,5$; $\tau_0 \leq \tau_0$ (рисунки 3, 4).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонов О.Н. Автоматизация производственных процессов на обогатительных фабриках: учебник для вузов. М.:Недра, 1985. 272с.
2. Ramirez A. ProportionalIntegralRetardedControlofSecondOrderLinearSystems / A. Ramirez, S. Mondie, R. Garrido // 52ndIEEE Conference on Decision and Control. 2013. P.2239–2244.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ МНОГОУРОВНЕВОГО АВАРИЙНОГО ОПОВЕЩЕНИЯ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ, РЕАЛИЗУЮЩЕЙ ТРЕБОВАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

ПОЛЬКИН К.В., ЛАПИН Э. С.

Уральский государственный горный университет

Многофункциональные системы безопасности угольных шахт позволяют осуществлять аварийное оповещение различных групп работников предприятия на разных уровнях, например таких как: управление предприятием, руководство, технические специалисты, диспетчеры и операторы, ИТР (подземные), подземные горнорабочие [1]. Нами предлагается сгруппировать функции аварийного оповещения в зависимости от уровня, на котором они реализуются и группы работников, для которых они адресованы. В результате должна быть разработана многоуровневая структура аварийного оповещения на базе многофункциональной системы безопасности угольной шахты.

В процессе разработки структуры были проанализированы функции отдельных систем, входящих в состав МФСБ, реализуемых ООО «ИНГОРТЕХ»: система позиционирования горнорабочих и транспорта СПГТ-41, система газоаналитическая шахтная многофункциональная МиконШ[3], комплекс аварийного оповещения и селективного вызова СУБР-1П [2]. Программно-технические комплексы этих систем реализуют функции аварийного оповещения всех групп работников на всех уровнях предприятия.

В таблице 1 представлена многоуровневая структура аварийного оповещения персонала, реализуемого многофункциональными системами безопасности, на примере оборудования производства компании ООО «ИНГОРТЕХ».

Таблица 1 – Многоуровневая структура аварийного оповещения

Уровень	Адресат	Система	Функция	Техническая реализация
Управляющая компания, руководство	ген. директор, тех. директор	МиконШ, СУБР-1П	Оповещение об аварии	Email-оповещение (программное обеспечение SMS и Email оповещения, включенное в RTS) SMS-оповещение (GSM модуль системы СУБР-1П)
Управляющая компания, технические специалисты	гл. механик, зам. дир. по ТБ и ОТ	МиконШ, СУБР-1П	Оповещение об аварии, Оповещение об загазировании	Email-оповещение (программное обеспечение SMS и Email оповещения, включенное в RTS) SMS-оповещение (GSM модуль системы СУБР-1П)
Шахта, руководство	директор, зам. директора по ТБ и ОТ, гл. инженер	МиконШ, СУБР-1П	Оповещение об аварии	Email-оповещение (программное обеспечение SMS и Email оповещения, включенное в RTS) SMS-оповещение (GSM модуль системы СУБР-1П)
Шахта,	гл. механик, нач.	МиконШ, СУБР-	Оповещение об	Email-оповещение

технические специалисты	уч. ВТБ, гл. энергетик, ст. мех. по автоматике, механик уч. ВТБ	1П	аварии, Оповещение об загазировании	(программное обеспечение SMS и Email оповещения, включенное в RTS) SMS-оповещение (GSM модуль системы СУБР-1П)
Шахта, диспетчерская	горный диспетчер, оператор промбезопасности	СПГТ-41, СУБР-1П, МиконIII	Оповещение об аварии, Оповещение об загазировании, Превышение времени пребывания людей в шахте, Отказ датчиков	SCADA система RTS(Оболочка оператора), АРМ Диспетчера, SMS-оповещение(GSM модуль системы СУБР-1П и программное обеспечение SMS и Email оповещения, включенное в RTS)
Шахта, ИТР	нач. участков, горные мастера	СПГТ-41, СУБР-1П, СУ	Оповещение об аварии, Оповещение об загазировании	Мигание носимых фонарей, пейджеры, (используя технические средства комплекса СУБР-1П), средства звуковой сигнализации (устанавливаемое в шахте по месту устройство СУ)
Шахта, горнорабочие	шахтеры, персонал обслуживания и эксплуатации оборудования	СПГТ-41, СУБР-1П, СУ	Оповещение об аварии, Оповещение об загазировании	Мигание носимых фонарей, пейджеры, (используя технические средства комплекса СУБР-1П), средства звуковой сигнализации (устанавливаемое в шахте по месту устройство СУ)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Приказ Ростехнадзора от 19.11.2013 № 550.
2. Устройства сигнализирующие СУ-XX: руководство по эксплуатации ИГТ.091120.001-00.000 РЭ.
3. Система газоаналитическая шахтная многофункциональная «Микон III»: руководство по эксплуатации ИГТ.071000.100.00 РЭ.

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВИДЕОСИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕНЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ФЛОТАЦИИ

ХАСАНОВ Б. Р., ПОЛЬКИН К. В., ПРОКОФЬЕВ Е. В.

Уральский государственный горный университет

В традиционных системах управления комплексом флотации не учитываются косвенные параметры, характеризующие процесс (цвет, форма, скорость и размер пузырьков пенного продукта), по причине отсутствия датчиков, позволяющих обеспечивать контроль за этими параметрами, а характеристики пены зависят от применяемых реагентных режимов и минералогических свойств перерабатываемого сырья и связаны с качеством выходного продукта. Поэтому отдельное место в системах управления технологическим процессом занимает развивающееся в последнее время направление *технического зрения* [1].

Видеосистема предназначена для регистрации и измерения ключевых параметров пенного слоя при флотационной переработке руд. Эта система, установленная на индивидуальной флотомашине, может обеспечивать контроль параметров пенного слоя, таких как распределение пузырей на его поверхности, скорость его движения, размер и распределение пузырей на его поверхности, стабильность пенного продукта, степень минерализованности пузырей, цветовые характеристики пенного слоя. Контролируемые видеосистемой параметры описывают выход с флотомшины пенного продукта и содержание минералов (при наличии цветового различия минералов, содержащихся в питании операции), что позволяет использовать их для построения алгоритмов автоматического управления технологическим процессом. Также системы технического зрения могут использоваться и при ручном управлении, выдавая советы по управлению оператору [2].

Наиболее важным назначением видеосистемы являются контроль и стабилизация на оптимальном уровне циркуляционных потоков. В практике флотационного обогащения хорошо известно, что циркуляции в технологическом процессе в промышленных условиях имеют приоритетное значение в достижении высоких технологических показателей [3].

Все перечисленные выше функции обеспечиваются за счет использования машинного обучения в видеосистеме контроля параметров пены в технологическом комплексе флотации.

На первом этапе машинное обучение используется в распознавании образов, получаемых из изображений и видеоряда с видеокамеры, установленной над сливом флотомшины. Существует множество алгоритмов распознавания изображений и видеоряда, комбинируя которые, получилось определить основные параметры пенного слоя.

На втором этапе машинное обучение позволяет установить зависимости между параметрами пенного слоя и выходными показателями флотомшины. Данный этап является наиболее сложным и состоит в решении таких задач, как классификация, кластеризация и прогнозирование.

Задача классификации выполняется с помощью обучения с учителем на этапе обучения модели. Есть конечное множество возможных ситуаций, которые можно разделить на классы. Создается алгоритм, способный классифицировать произвольную ситуацию из исходного множества.

Задача кластеризации выполняется с помощью обучения без учителя. Выполняется сбор данных, содержащих информацию о выборке ситуаций, затем ситуации упорядочиваются в сравнительно однородные группы.

Задача прогнозирования решается с помощью регрессионного анализа и выполняется с помощью обучения с учителем. Используя обработанные данные, возможно с большой точностью прогнозировать следующую во времени ситуацию.

В ходе исследований были выявлены различные зависимости параметров пены с входными и выходными параметрами технологического комплекса флотации.

Применение видеосистемы контроля параметров пены позволяет рассматривать флотационную пену как управляемый объект [4].

Существует линейная зависимость между скоростью схода пенного слоя и качеством концентрата. Чем меньше скорость, тем выше содержание полезного компонента в концентрате. Поэтому, управляя скоростью схода пенного слоя, можно регулировать качество концентрата. Управление скоростью схода пенного слоя является наиболее быстрым из каналов управления.

Размер пузырьков имеет нелинейную зависимость с качеством концентрата. Малый размер пузырьков приводит к увеличению извлечения полезного компонента в концентрат, но чрезмерно малые размеры приводят к осложнениям в дальнейшей переработке флотационной пены. Устойчивость пузырьков тесно связана с размером. Малая устойчивость пузырьков пены приводит к уменьшению содержания полезного компонента в концентрате. Размер и устойчивость пузырьков регулируются изменением реагентного режима в технологическом комплексе флотации.

Существует связь между качеством концентрата и цветом пены. Чем насыщеннее цвет пены, тем выше содержание меди в концентрате [5].

Сочетая различные параметры пены, можно прогнозировать качество концентрата в реальном времени и вносить необходимые корректировки в технологический процесс.

Особый интерес представляет прогноз возникновения аварийной ситуации на объекте. По определенному изменению структуры пенного слоя можно определить аварийную ситуацию. А так как система установлена на начальной стадии операции обогащения, то заблаговременное определение возникновения аварии позволяет оперативно решить проблему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машевский Г. Н., Хейккинен С., Исокангас А. Новая система компьютерного управления процессом флотации // Обогащение руд. 2007. № 1. С. 45–48.
2. Хасанов Б.Р., Полькин К.В. Видеосистема контроля параметров пены в технологическом комплексе флотации // УГПД-2013: сб. докладов. С. 348–349.
3. Хасанов Б.Р., Полькин К.В. Прогнозирование параметров технологического комплекса флотации на основе контроля параметров пены // УГПД-2014: сб. докладов. С. 515–516.
4. Хасанов Б.Р., Полькин К.В. Флотационная пена как управляемый объект // УГПД-2013: сб. докладов. С. 344–345.
5. K. K. Nguyen. Flotation Froth Characterization By Using Vision Technology // PhD thesis, University of Queensland, 1998.