

Пространственно-распределенная система мониторинга технического состояния месторождений минерально-сырьевого комплекса

О. И. Золотов

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
oleg_1938@mail.ru

А. Н. Ильюшина

Санкт-Петербургский технический колледж
управления и коммерции
ilyushin_y@spmi.ru

И. М. Новожилов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
novozhilovim@list.ru

Аннотация. Данная работа посвящена разработке системы мониторинга физических процессов в объектах минерально-сырьевого комплекса (на примере угольных месторождений). В работе на основе результатов анализа существующих систем мониторинга угольных месторождений разработана математическая модель физических процессов в угольных месторождениях, система мониторинга опасной концентрации газов, вызванных физическими процессами в угольных месторождениях, выявлены поправочные коэффициенты для перевода отношения сопротивления датчика к концентрации газа, разработан натурный макет для проведения исследований, разработана программа для построения графиков на основании считанных параметров с датчиков для удобного представления данных, разработана программа для сбора и хранения данных с датчиков в файле.

Ключевые слова: анализ; синтез; управление; системы с распределенными параметрами

I. ВВЕДЕНИЕ

Уголь есть и остается значимым источником теплоэнергии во всем мире. Топливо угольной промышленности применяется в обычной жизни людей для отопления жилищно-коммунального комплекса, для передвижения на транспортных средствах, а также для получения электроэнергии. В промышленности этот ресурс используется для обеспечения работы печей, а также для изготовления азотных удобрений, пластмассовых изделий, взрывчатых веществ и спиртов. Учитывая современную тенденцию замены газа углем, в топливной промышленности таких стран, как Китай, США, Индия, ЮАР, Австралии можно сделать вывод, что одной из основ политики развития энергетики передовых стран составляет угольная отрасль.

Однако угольная отрасль все также является самой опасной в аспекте риска гибели рабочих на предприятиях. При разработке угольных месторождений подземным

методом важно учитывать опасность внезапно возникших проявлений, что включают в себя газодинамические и геодинамические проявления, что действительно влияет на понижение безопасности в области угледобывающей промышленности и приводит к аварийности и травматизму на угледобывающих предприятиях.

Значимые факторы опасности на угольных предприятиях при интенсивной добыче ископаемого в тяжелых условиях: взрывы метана, воспламенение угольной пыли, обвал пород, прорывы воды, выделение взрывоопасных газов, внезапные выбросы угля и газа, подземные пожары. Анализируя статистику аварийных событий в угольных шахтах Кемеровской области компании в области угольной промышленности готовы активно финансировать обеспечение промышленной безопасности и охраны человеческого труда. Начиная с 2004 года на угольных шахтах насчитывается примерно 20 аварий, 220 жертв, 206 из которых погибли из-за взрывов газа – метана. Данная проблема значительно снижает конкурентоспособность угольных предприятий. Таким образом, разработка систем и средств мониторинга технического состояния угольной шахты является одной из важнейших задач обеспечения безопасности производственного процесса.

II. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Первая ступень мониторинга – определение вида самого массива, что разделяется на следующие виды: состав слоев массива и складчатости, кристаллической деформированной породе, осадки, что содержат в себе эти различные объединения солевые или же гипсовые, к мало метаморфизованной породе чехла. Для первого и второго типа массива горных пород свойственно значительное выражение тектонических сил, при условии, что горизонтальные сжимающие напряжения могут преобладать над вертикальными. В третьей группе тектонические силы выражаются крайне незначительно,

для четвертой же группы массива напряженно-деформированное состояние описывается лишь весом налегающих пород. Вспомогательный конкретизирующий обзор горизонтальных напряжений может быть получен при углубленной аналитике горизонтальных движений земной коры. Существенные передвижения, чаще всего, пробуждают высокое значение напряжений, воздействуют в горизонтальной плоскости. Также желательно принять в расчет описание трещин массив горных. Стоит учитывать появление трещин, что сильно влияют на напряжения, ведь в односоставных массивах оно так сильно не проявляется и не так опасно, но все же требует мониторинга

Совокупная аналитика геомеханических научных подходов при изучении состояния угленосных массивов для добычи угля при постоянном слежении и анализе данных говорит об активном использовании оценки возникновения физических процессов. Геомеханические подходы с научной точки зрения при явно протекающих при напряжениях, что перераспределяются и расплываются в массиве горных пород базируются и основываются на диагностике и аналитике физических процессов и влиятельно протекающих иных процессов в ограниченной области угольного пласта. Геомеханические подходы влекут за собой очень трудозатратные и финансово затратные исследования различных важных свойств в области химии, физики массива горных пород в специализированных лабораториях и с использованием дорогого оборудования, однако причисляются к подходу наивысшей точности диагностирования измерения напряжений в угольном пласте, однако. Наибольшую популярность и внедрение в данной отрасли достигли и утвердились такие подходы, как разгрузка и снятие напряжения, разрыв с использованием водных составляющих и изменение, аналитика и прогноз напряжений с использованием разного вида сенсоров и датчиков.

В угольной промышленности также большую популярность получил принцип силы, применяющей на стенки скважин и пластов, то есть датчик гидравлики. Такие сенсоры действительно широко используются в угольной промышленности и других ее отраслях. Применение такого метода допускает получение непосредственной правдивой информации о напряжениях, которые нужно анализировать на угольном пласте. В таком случае датчики, которые используются, имеют определение – упругие. То есть метод основывается на свойстве упругости пласта угля.

Кроме аналитики геологических и геомеханических научных подходов в геологии, а также научных подходов в геомеханике, что используют для прогнозирования, анализа и даже при работах, используется и геофизические методы и научные подходы для аналитики и прогнозирования физических процессов угольного пласта. Этот метод конструктивен при таких работах. Связь и схожесть между преобразованием физических полей в угольном пласте и зависимостью и схожесть от действия в нем напряжений – основная характерная черта этого физически-геологического научного метода. Из недостатков можно зафиксировать, что точность таких

научных подходов крайне низка, но данные подходы предоставляют возможность диагностировать смежную оценку об изменении напряжений в угольном пласте и их перераспределении при осуществлении шахтных работ. Эти научные подходы применяют для аналитики локальных зон, что находятся под непрерывным наблюдением за физическими процессами массива горного пласта.

Экспериментальные исследования. При разработке системы мониторинга физических процессов угольных месторождений необходимо проанализировать те процессы, что протекают в угольном пласте, а именно физику данных процессов. Основные опасные процессы при разработке угольных шахт возникают из-за давления в самих горных породах, а также из-за давления газовых отложений. Ко всем эти физическим процессом можно отнести выбросы угольных отложений, горных пород и газовых отложений, быстротечные выделения газовых отложений.

При более глубоком проведении шахтных работ частота и сила таких процессов существенно растет. Весь алгоритм сбора и анализа данных с датчиков состоит из четырех этапов. На 1-ом этапе «Получение данных» обеспечивается сбор данных о настоящем состоянии угольного пласта, данных о положении атмосферы руды с датчиков аэрогазового контроля. На втором этапе «Построение графиков» производится построение графических структур, показывающих считываемые параметры с датчиков в реальном времени, что дает возможность оперативно отреагировать оператору, при опасной концентрации газов, концентрация которых считывается за счет установленных датчиков. На третьем этапе «Ведение документа со считанными данными» производится запись первичных данных мониторинга угольного пласта, с формированием отдельного документа с показателями состояния физических процессов в угольных месторождениях, полученными с используемых датчиков, что действительно необходимо для дальнейшего подробного анализа данных для прогнозирования опасных проявлений.

При установке датчиков определяется расположение каждого определенного сенсора, что дает возможность понять местоположение опасного события в шахте, а также проанализировать степень опасного воздействия этого проявления в шахте и на запланированные шахтные работы.

Система мониторинга дает возможность в настоящем времени изобразить полученную информацию по всем использующим при мониторинге датчикам, что дает уверенность в исправной работе каждого сенсора системы. Для определения конкретного времени сбоя системы мониторинга создан документ с собранными данными, что является архивом, к которому можно обратиться при необходимости для проведения анализа данных в этот определенный момент времени.

Для макета мониторинга состояния физических процессов в угольных месторождениях используются следующие датчики:

- датчик метана;
- датчик пропана;
- датчик угарного газа – оксид углерода;
- датчик углекислого газа – диоксид углерода;
- датчик сернистого газа;

В таблице указано ПДК – Предельно-допустимая концентрация для каждого показателя, а также датчики, которые используются для измерения показателей.

Датчик	метан	пропан	угарный газ	Углекислый газ	Сернистый газ
код	MQ-2	MQ-9	MQ-7	MQ-13	MQ-4
ПДК (г/м ³)	0,5%	2,2%	0,0017%	2%	0,5%
ПДК (ppm)	500	2200	1,7	2000	500

Контроль содержания метана, пропана, угарного, углекислого и сернистого газа осуществляется:

1. в призабойных участки выработок в тупике протяжённостью от 10 м и исходящих участках при протяженности шахты от 50 м при условии, что в шахтах используется электрическая энергия и образуются метановые выделения; при эксплуатации в тупиках шахты перемещающийся подстанции – в области подстанции; При условии, что добыча осуществляется при буровых и взрывных работах и производится сотрясательные взрывы, что не имеет зависимость от использования электрической энергии; в тупиках шахты, что небезопасных из-за метановых выделений, продолжительностью от 100 м, при условии использовании электрической энергии, в дополнении в участках всевозможных скоплений;

2. в областях вентиляции внешнего проветривания с двигателями на электричестве при подземной разработке пластовых месторождений, что небезопасны из-за вероятности внезапных выбросов, а также при условии эксплуатации вентиляторов в участках с исходящей воздушной струей из очистных выработок и выработках в тупиках;

3. в попадающий в очистные выработки воздух при нисходящем проветривании, при проветривании последовательно и при условии добычи угля из пластов, что небезопасны из-за внезапных угольных и газовых выбросов, при использовании электрической энергии, при том, что движение воздуха в очистной выработке вентиляции не имеет значение;

4. вблизи исходящего воздуха из очистных выработок, при условии использования электрической энергии, и в участках выемки, без привязки к использованию электрической энергии и др.

При получении информации о превышении согласованного порога системой мониторинга предупреждает об опасности звуковым или световым сигналом. Временной промежутков, между звуковым сигналом для установленных в шахте стационарных

датчиков и получением информации с них не должен быть более 15 секунд.

Система мониторинга физических процессов в угольных месторождениях – это система азрогазового контроля, которая необходима для обеспечения безопасности подземных шахтных работ за счет непрерывного контроля считывающих с датчиков параметров, что дают характеристику газового режима шахты. В исследовании был разработан макет для представления наглядной модели системы мониторинга физических процессов в угольных месторождениях. Данная система состоит из USB-провода для питания и передачи считанных данных. Микроконтроллер Arduino, для считывания и обработки данных о концентрации газов с сенсоров. Сигнальные – 2 провода (зеленый и синий) и провода питания – остальные 6 проводов. Белого цвета на фото макетная плата, с помощью данной макетной платы удобно подключать датчики к контролеру и располагать в нужных местах. Датчик MQ-13 – измерение CO_2 , точнее концентрацию углекислого газа в атмосфере. Датчик MQ-2 – измерение концентрации в атмосфере пропана. MQ-9 – измерение CH_4 , точнее концентрацию метана в атмосфере. Сенсор MQ-7 – измерение CO, точнее концентрацию угарного газа в атмосфере. И последний датчик в установке – MQ-4, что измеряет сернистый газ в атмосфере шахтных сооружений. Показания, получаемые с макета в процессе эксплуатации, можно наблюдать на рис. 1.

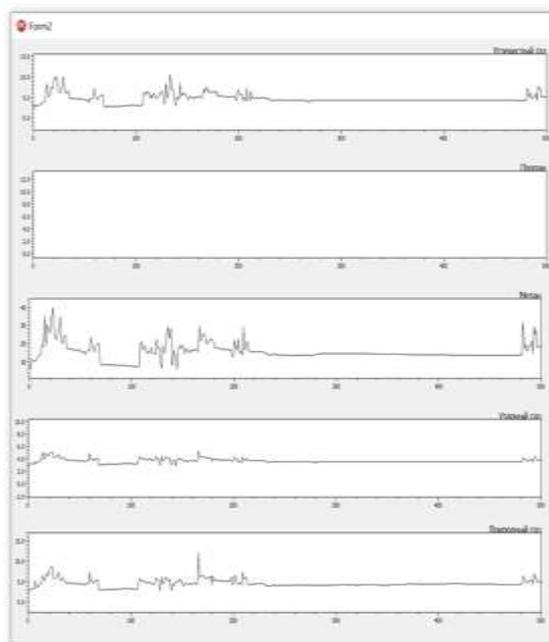


Рис. 1. Графики концентрации газов, полученных с сенсоров

Для удобного пользования и оперативного оповещения об опасной концентрации газовых выделений, график, показывающий концентрацию газа при превышении нормы концентрации, оповещает об опасности путем выделения графика красным цветом.

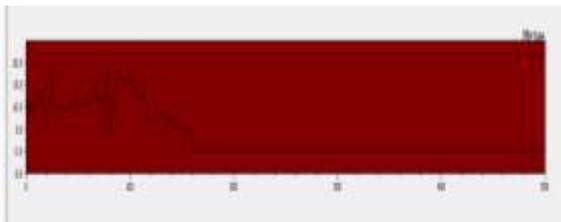


Рис. 2. Скриншот полученных графиков, показывающих концентрацию газов шахте при возникновении опасности

Для оповещения работников, которые находятся непосредственно в угольной шахте включается звуковой сигнал, что оповещает об опасности.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании решена важная техническая задача теоретического и экспериментального обоснования и разработки системы мониторинга физических процессов в угольных месторождениях.

К основным результатам следует отнести:

Рассмотрено современное состояние мониторинга физических процессов и оценка их опасности в угольных месторождениях. Рассмотрено актуальное состояние безопасности на угольных шахтных предприятиях. Подробно описаны система противопожарной защиты и используемые для нее средства пожаротушения.

Разработан программный код для считывания сопротивления с датчиков, преобразования данных в параметры концентрации газа в воздухе, построения графических представлений о концентрации газа с выделением промежутков времени, когда концентрация газов опасна для проведения работ.

Также стоит отметить, что материала данного исследования были отражены в курсовом и дипломном проектировании студентами Горного университета [1–2]. А также учитываются при работе аспирантами и сотрудниками в исследовательских целях [3–13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Сакавчак М.Т., Киселева Ю.Д. Комплекс программных средств для анализа и управления сложным техническим устройством // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018662630. Дата регистрации 12.10.2018. Бюллетень № 11, 2018.

[2] Сакавчак М.Т., Киселева Ю.Д. Системный анализ и управление сложным техническим устройством // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614628, Дата регистрации 24.04.2017. Бюллетень № 5, 2017

[3] Ilyushin Y.V., Novozhilov I.M. Temperature Field Control of a Metal Oil-well Tubing for Producing of High-Paraffin Oil // Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020, 2020, p. 149–152, 9198816

[4] Ilyushin Y., Afanaseva O. Development of a spatial-distributed control system for preparation of pulse gas //International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020, 2020-August(2.1), p. 475–482

[5] Ilyushin Y., Afanaseva O. Modeling of a spatial distributed management system of a preliminary hydro-cleaning gasoline steam column// International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020, 2020-August(2.1), p. 531–538.

[6] Martirosyan K.V., Chernyshev A.B., Martirosyan A.V., Tatyana K.V. Formation of the Anterior Heating Function under the Action of Uniformly Distributed Sources// Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2020, 2020, p. 755–760, 9038947

[7] Pershin I.M., Papush E.G., Malkov A.V., Kukharova T.V., Spivak A.O. Operational Control of Underground Water Exploitation Regimes // Proceedings of 2019 3rd International Conference on Control in Technical Systems, CTS 2019, 2019, p. 77–80, 8973323

[8] Martirosyan A.V., Martirosyan K.V., Chernyshev A.B. Calculation of the First Switch-on Time of Distributed Object's Control Action// Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2020, 2020, p. 750–754, 9039348

[9] Martirosyan A.A., Martirosyan K.V., Chernyshev A.B. Application of Fourier series in distributed control systems simulation //Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2019, 2019, p. 609–613, 8656865

[10] Kirsanova N., Lenkovets O., Hafeez M. Issue of accumulation and redistribution of oil and gas rental income in the context of exhaustible natural resources in arctic zone of russian federation// Journal of Marine Science and Engineering, 2020, 8(12), p. 1–19, 1006

[11] Kirsanova N.Yu. Assessment of socio-economic development level of single-industry cities in arctic zone of Russian Federation// International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020, 2020-August(5.2), p. 75–82

[12] Vasilenko N., Khaykin M., Kirsanova N., Lapinskas A., Makhova L. Issues for development of economic system for subsurface resource management in russia through lens of economic process servitization//International Journal of Energy Economics and Policy, 2020, 10(1), p. 44–48

[13] Kirsanova N.Y., Lenkovets O.M. Influence of railroad industry on social and economic development of Russia //International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2019, 19