

УДК 681.324

Увеличение эффективности работы угледобывающих машин с помощью компьютерных систем контроля метановыделения.**Н.Н. Дацюк** студент, керівник **Алтухов Є.І.**Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев
пр. Победы, 37, 03057, г.Киев, Украина. E-mail: dacuk_nata@ukr.net

Показана актуальность создания систем контроля уровня метана для увеличения эффективности работы угледобывающих машин. Рассмотрены причины создания новых систем контроля выделения метана и недостатки существующих систем. А также факторы при которых образуется опасная концентрация метана.

Ключевые слова: дегазация метана, системы контроля метана.

Підвищення ефективності роботи вугледобувних машин за допомогою комп'ютерних систем контролю метановиділення.**Н.М. Дацюк, Алтухов Е.І.**Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ
пр. Перемоги, 37, 03057, м. Київ, Україна. E-mail: dacuk_nata@ukr.net

Показано актуальність створення систем контролю рівня метану для збільшення ефективності роботи вугледобувних машин. Розглянуто причини створення нових систем контролю виділення метану й недоліки існуючих систем. А також фактори при яких утвориться небезпечна концентрація метану.

Ключові слова: дегазація метану, системи контролю метану.

Increasing the efficiency of coal-mining machines with computer control systems of methane release.**N. Datsiuk, E. Altuhov**National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv
av. Peremogy, 37, 03057, Ukraine. E-mail: dacuk_nata@ukr.net

The urgency of establishing systems of control levels of methane to increase the efficiency of coal-mining machines. The reasons for the creation of new systems of control methane and disadvantages of existing systems. And the factors under which a harmful concentration of methane is formed.

Keywords: degassing of methane, control of methane

Уровень социально-экономического состояния государства во многом зависят от объемов производства и технической оснащенности добывающих отраслей промышленности. Необходимо проведение работ по созданию высокоэффективных технических средств управления, диагностики, автоматизации и связи угледобывающего и проходческого оборудования.

Актуальность работы

Рассматриваемая тема будет всегда актуальна, так как невозможно создать абсолютно безопасную систему контроля метановыделения. Очень тяжелая ситуация возникла в Украине. Угольные шахты Украины, особенно Донбасса, характеризуются самыми сложными горно-геологическими условиями в сравнении с другими странами. Средняя глубина разработки пластов превышает 720м, а 33 шахты работают на глубине 1000-1400 м. Из 190 действующих шахт 90 процентов опасны по содержанию газа метана, 60 – по выбросам угольной пыли, 45 – по случайным выбросам и горными ударами, 22 процента – по самовоспламенению угля. Треть стационарного оборудования, транспортных

средств и выемочной техники отработали свой термин и требуют замены. Системы противоаварийной защиты морально устарели и не отвечают сегодняшним требованиям ведения горных работ.

Среди ведущих стран мира Украина занимает десятое место по добыче угля, а по количеству погибших в шахтах – одно из первых.

Несмотря на существенное сокращение на протяжении последнего десятилетия объемов добычи угля та численности рабочих, уровень аварийности и смертельного травматизма не уменьшился. За этот период в подземных выработках произошло 38 взрывов газа и пыли, 78 вспышек метана, 1512 газодинамических явлений, 1376 завалов горных выработок, 702 подземных пожаров, вследствие чего погибло 3401 человек.

Непосредственными причинами взрывов является загазованность выработок из-за низкой эффективности их вентиляции и дегазации работ, запыленность горных выработок, не совершенность аппаратуры контроля.

Горные выработки не обеспечиваются необходимым количеством воздуха; 92 шахты имеют сверхнормативные (более 30 процентов) утечки воздуха; значительная часть шахт требует замены вентиляторов главного проветривания.

В течение 1991-2001 гг. средняя эффективность дегазации шахт снизилась с 23 до 17 процентов. Объем метана, удаленного дегазационными системами, уменьшился с 590 до 230 млн. кубических метров в год. Количество шахт, использующих дегазацию, уменьшилась с 86 до 45. На 26 шахтах в дегазационных трубопроводах циркулируют взрывоопасные концентрации метана. Существующее на шахтах оборудование для бурения дегазационных скважин устаревшее и не обеспечивает необходимые параметры и режимы дегазации. Объемы дегазационного бурения с поверхности земли уменьшилось в 20, а с подземных горных выработок – в 8 раз. Темпы бурения дегазационных скважин не отвечают современным темпам ведения очистных работ. Существующие дегазационные системы физически изношены (более 50 процентов) и требуют реконструкции. Практически ни на одной дегазационные системы не обеспечивают необходимой технической продуктивности.

Значительно увеличилось количество газодинамических явлений (случайные выделения угля и газа, суффлярные выделения газа). Их возрастание связано как с ухудшением горно-геологических условий, так и с не совершенностью прогнозирования из-за отсутствия методов и аппаратуры современного технического уровня.

Повышенный уровень запыленности рудниковой атмосферы служит причиной взрывов угольной пыли.

Вследствие того, что существующие взрывные материалы и технические средства не отвечают современным требованиям 35 процентов всех аварий связано с взрывами газа и пыли во время проведения взрывных работ.

Постановка задачи исследования

Существующая система контроля неспособна обеспечить безопасность работы людей в лаве. Необходимость создания новой системы контроля выделения метана обусловлена рядом причин:

- 1) Размещение датчиков не соответствует наиболее опасным зонам скопления метана.

В существующей системе размещение датчиков не соответствует наиболее опасным зонам скопления метана. Датчики метана располагаются по одному на откаточном и вентиляционном штреке, а также один датчик ставится на очистном комбайне со стороны забоя. Отсутствует контроль вдоль линии забоя. Однако взрывоопасное облако может образоваться не только на выходе из лавы, то есть возле одного из штреков, где стоят датчики метана, но и внутри лавы. Это может послужить причиной взрыва, так как

концентрация метана в самой лаве не контролируется. Датчик метана установленный на комбайне фиксирует только концентрацию метана, который выделяется из добываемого угля в непосредственной близости. Но не учитываются остальные виды метановыделения (из транспортируемого угля, суфлярные выделения метана), которые могут создать опасную концентрацию. Взрывоопасное облако не будет обнаружено, так как оно будет омывать комбайн, на котором установлен датчик метана. Следовательно, необходимым является создание контроля концентрации выделения метана вдоль линии забоя, что поможет снизить вероятность появления взрывоопасной ситуации в лаве.

2) Отсутствие прогноза взрывоопасной ситуации.

Отсутствие прогноза является серьезным недостатком существующей системы контроля, так как при достижении концентрации метана опасной уже будет поздно предотвращать взрывоопасную ситуацию. Так как для ее предотвращения необходимо отключить электроэнергию, а для этого потребуется не менее чем полсекунды. А это очень много времени. За это время может успеть произойти воспламенение облака метана.

3) Недостаток объема получаемой информации о газовыделении.

В существующей системе оператор получает информацию только о концентрации метана в реальном масштабе времени. Однако этой информации явно недостаточно для осуществления контроля. В разрабатываемой системе предусмотрено не только получение информации о концентрации метана в реальном масштабе времени на любом промежутке лавы, но и информация о скорости, положении и направлении движения очистного комбайна. Эта информация поможет уменьшить опасность взрыва.

Еще одним недостатком существующей системы является инерционность датчиков.

Датчики, которые использовались для создания существующей системы сейчас очень сильно устарели и не могут обеспечить необходимого быстродействия. Быстродействие датчиков метана используемых в старых системах контроля – единицы секунд. Это довольно большое время для горных условий. В то время как современные датчики имеют гораздо более высокое быстродействие – единицы миллисекунд. Это на несколько порядков выше, чем у использующихся сейчас датчиков метана.

Рассмотрев недостатки существующей системы, приходим к выводу о необходимости создания новой системы контроля метановыделения, которая устранила бы существующие недостатки.

Методы исследования

Метод исследования заключается в том, что выбирается конкретная шахта и лава этой шахты, для которой будут производиться исследования. Шахта имени 60-летия советской Украины является типичным представителем шахт Донбасса. Добыча этой шахты составляет в среднем 1000 тонн в сутки. Рассмотрим самую газообильную лаву этой шахты – 3-ю восточную лаву Мандрыкинского пласта центральной панели Н4.

Геометрические показатели рассматриваемой лавы [2]:

- длина очистного забоя – 198м;
- мощность пласта – 0.9м.

В реальных условиях образование опасной концентрации происходит в результате действия следующих факторов:

- выделение метана из пласта;
- выделение метана из добываемого угля;
- выделение метана из транспортируемого угля;
- суфлярные выделения метана.

1) Выделение метана из пласта – выделения метана, происходящие постоянно, даже при отсутствии работ в лаве.

Данное выделение метана зависит от крепости, мощности и газообильности пласта, известно для каждой конкретной лавы и может быть определено при наличии данных о дисперсии и математическом ожидании.

Математическое ожидание объема выделения метана из пласта для данной лавы составляет 4.2 м³/мин [2].

Дисперсия объема выделения метана из пласта для данной лавы составляет 0.3 м³/мин [2].

2) Выделение метана из добываемого угля – выделение метана из угля, который рубится комбайном.

Данное выделение метана может быть описано следующей формулой [3]:

$$V_{dy} = V_x \cdot (V_{dx} \pm D_{dy}),$$

где V_{dy} – объем выделения метана из добываемого угля (м³/мин);

V_x – скорость движения комбайна (м/мин);

V_{dx} – объем выделения метана из добываемого угля при движении комбайна со скоростью 1 м/мин (м³/мин*м);

D – дисперсия объема выделения метана из добываемого угля (м³/мин).

Для условий описанных в предыдущем пункте приведем необходимые значения:

— скорость движения комбайна – 1...10 м/мин [2];

— объем выделения метана из добываемого угля при движении комбайна со скоростью 1 м/мин – 0.65 м³ [2];

— дисперсия объема выделения метана из добываемого угля – 0.07 м³ [2].

3) Это выделения метана (сорбированного газа) из уже добытого угля, который движется по скребковому конвейеру.

4) Суфлярные выделения метана – случайные выделения метана. Их предусмотреть невозможно. В математическую модель они могут быть внесены как случайные выделения метана определенного характера. Они действуют в течение некоторого промежутка времени, а потом угасают.

Очень важным является проветривание лавы. Для нахождения концентрации метана нам необходимо знать объем воздуха для проветривания лавы. Для каждой конкретной лавы он определяется из документации.

Зная значения всех выделений метана, в конкретный момент времени, легко вычислить его концентрацию с помощью формулы [3]:

$$C = \frac{I}{Q} \cdot 100\%$$

где: I – общий объем метана в лаве (м³/мин);

Q – объем воздуха поступающий в лаву для проветривания (м³/мин);

C – концентрация метана (%).

На основе информации новой системы должны выполняться следующие действия:

- 1) при безопасной концентрации работа не останавливается;
- 2) если концентрация переходит на уровень, приближающийся к опасной концентрации, то скорость движения комбайна уменьшается;
- 3) если концентрация опасная – отключение электроэнергии.

Варьирование скоростью подачи комбайна позволяет сохранить время, которое отводится на технологическую паузу, поддерживать концентрацию на одном уровне, меньшем, чем опасный. Это повысить не только безопасность в лаве угольной шахты, но и объемы добываемого угля.

Для создания такой системы контроля метановыделения необходимо составить

математическую модель выделения метана вдоль линии забоя в лаве угольной шахты.

Система контроля метановыделения должна быть быстродействующей и обеспечивать:

- постоянный контроль метановыделения;
- иметь большое количество датчиков вдоль линии забоя;
- прогноз увеличения количества выделяемого метана на начальных стадиях;
- снижение вероятности появления опасных электрических искр за счет отключения оборудования

Еще одним плюсом является то, что при этой системе контроля люди выводятся из лавы и не поддаются угрозе выброса угля и метана. На штреке находится пульт управления системой и отображение информации.

Научная новизна

Научной новизной рассматриваемой работы является создание математической модели выделения метана и действия системы контроля.

На основе вышеописанных числовых значений при различных видах выделения метана с помощью пакета программ Matlab можно получить графическое представление характера выделения метана из пласта в виде вероятностного процесса, изображенного на рисунке 1.

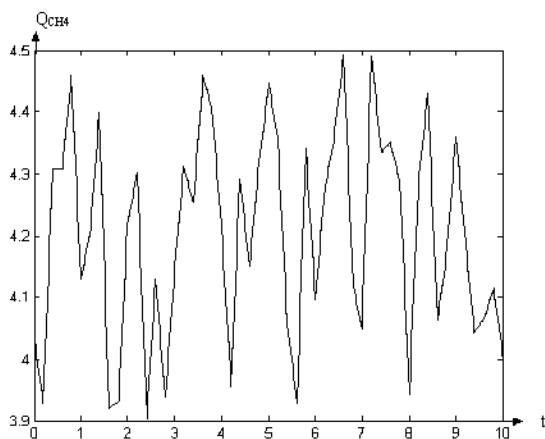


Рисунок 1. – Графическое представление характера зависимости объема выделения метана из пласта от времени.

2) Выделение метана из добываемого угля – выделение метана из угля, который рубится комбайном.

При движении очистного комбайна с одной постоянной скоростью, объемы выделения метана, из рубящегося угля, могут быть описаны с помощью процесса имеющего вероятностный характер. Характер этого процесса будет иметь такой же вид, как показано на рисунке 1. Математическое ожидание может быть вычислено как произведение скорости комбайна и объема выделения метана из добываемого угля при движении комбайна со скоростью 1м/мин ($V_k * V_{дк}$). Дисперсия может быть определена как произведение скорости движения комбайна и дисперсии объема выделения метана из добываемого угля при движении комбайна со скоростью 1м/мин ($V_k * D_{ду}$).

Но так как по результатам измерений датчиков будет приниматься решение об изменении скорости комбайна, то скорость будет колебаться, а соответственно будет изменяться и объем выделения метана. Однако изменения будут состоять только в изменении скорости движения комбайна. Это повлечет за собой изменения математического ожидания и дисперсии. Таким образом, характер выделения метана не будет изменяться. В

графическом представлении он может быть представлен так же, как и процесс на рисунке 1, со своими значениями математического ожидания и дисперсии.

3) Выделения метана (сорбированного газа) из уже добытого угля, который движется по ленточному конвейеру.

Объем метана, выделяющегося из транспортируемого угля, на порядок меньше объема метана выделяющегося при рубке угля комбайном. Этот вид метановыделения не будет оказывать существенного влияние на общую концентрацию метана в лаве угольной шахты.

Однако этот источник все равно надо учитывать. Характер этого выделения метана будет таким же, как и двух описанных ранее. Он будет носить вероятностный характер.

4) Суфлярные выделения метана из угольного пласта.

Суфлярные выделения метана происходят случайным образом из образовавшихся щелей в пласте. Частота появления суфлярных выделений и объемы метана, которые выделяются из щелей, зависят от склонности лавы к суфлярным выделениям.

Общий характер зависимости объема метана, выделяющегося из случайно образовавшейся щели, представлен на рисунке 2.

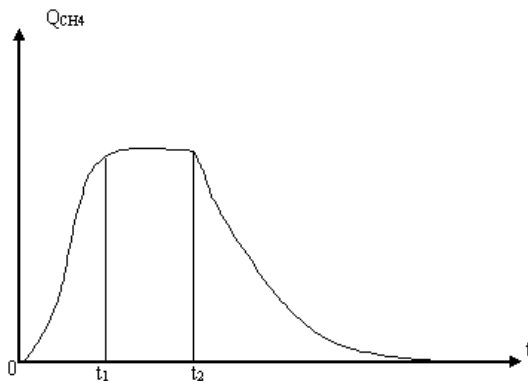


Рисунок 2. Графическое представление зависимости объема метана при суфлярных выделениях от времени

Промежуток $[0; t_1]$ – время нарастания выделения метана.

Промежуток $[t_1; t_2]$ – время пребывания в насыщении.

Промежуток $[t_2; t_3]$ – время спадания выделения метана.

Все параметры t_1 , t_2 , t_3 зависят от объема метана залегающего в полости пласта, величины случайно образовавшейся щели, давления в пласте.

Еще одним очень важным параметром в определении концентрации метана в лаве угольной шахты является проветривание. То есть объем воздуха, который поступает в лаву.

Для каждой лавы этот параметр строго регламентируется. Для рассматриваемой лавы он равен 720 м³/мин. Зная этот параметр, а также сечение лавы (произведение мощности пласта и ширины лавы) можем определить скорость поступающего воздуха для проветривания лавы.

Еще одним элементом научной новизны является новый метод прогноза выбрасоопасной ситуации.

Применяемые скважные методы текущего прогноза выбрасоопасности [6] и контроля скорости газовыделения, а также сейсмоакустический метод аналогичного назначения становится все менее надежным в связи с переходом работ на большие глубины (1000 м и более). Процесс бурения пласта небезопасный, потому что при этом происходят внезапные выбросы и другие газодинамические явления. Сейсмоакустический метод в основном удовлетворяет требованиям горного производства. Однако область его применения

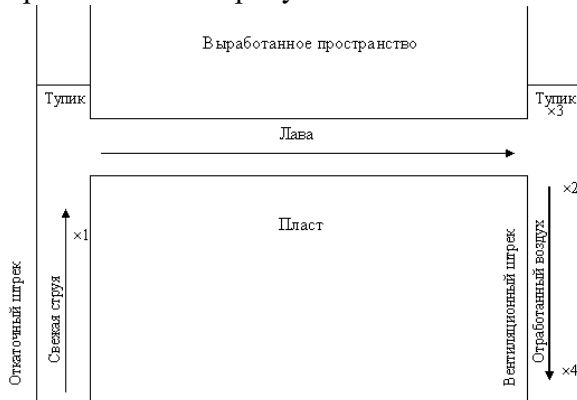
ограничена уровнем сейсмоактивного угольного пласта, кроме того, этот метод не позволяет дифференцировать прогноз опасных зон по динамическим линиям вдоль всей линии забоя. А также не учитывается влияние на выбрасоопасность пласта давления горных пород, газа и физико-механических характеристик угольного массива в процессе его разрушения при выемке угля в лаве угольной шахты.

Новый метод прогноза состоит в том, что лава разбивается на ряд участков (количество участков соответствует количеству датчиков в лаве) и снимаются данные по каждому датчику. Далее, исходя из данных снятых с датчиков, аппроксимируют значение концентрации метана на более поздние сроки, что и является прогнозом.

Практическая новизна

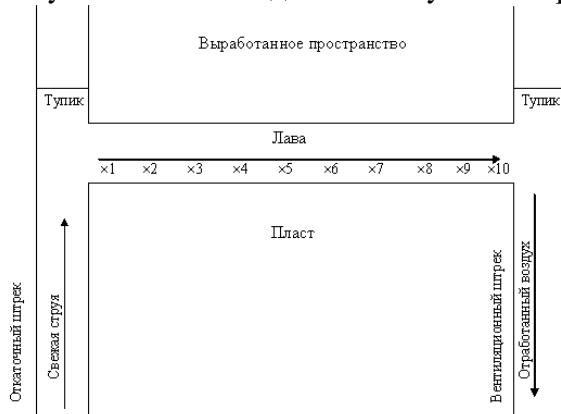
Практическая новизна разрабатываемой системы состоит в увеличении количества датчиков метана в лаве. Для обеспечения безопасности необходимо использовать достаточное количество датчиков метана вдоль линии забоя. Так как длина лавы составляет 198 метров, а расстояние между датчиками не должно превышать 20 метров, то получим необходимое количество датчиков – 10. Датчики метана должны крепиться на расстоянии 5см от кровли на стойке крепи.

Сопоставим расположение датчиков при существующей и создаваемой системах контроля метана на рисунках 3 и 4.



- x1 – место расположения противовыбрасного датчика;
- x2 – место расположения забойного датчика;
- x3 – место расположения датчика погашения;
- x4 – место расположения исходящего датчика.

Рисунок 3. – Схема добычного участка при существующей системе контроля метана.



- x1 – место расположения датчика метана 1;

x10 – место расположения забойного датчика 10;

Рисунок 4. – Схема добычного участка при разрабатываемой системе контроля метана.

Апробация

При проектировании разрабатываемой системы контроля метана будет использоваться новейшие датчики метана, аналого-цифровые преобразователи, микроконтроллеры. В результате действия новой системы контроля предполагается снизить до минимума количество выбросов, пожаров, и самое главное, избежать человеческих жертв. Для этого разрабатывается система прогноза создания выбрсоопасной ситуации, увеличено количество датчиков метана, а также пункт управления вынесен на штрек. Следовательно создается безлюдная выработка, что уменьшает возможность человеческих жертв.

Заключение

Для проектирования системы контроля метановыделения используется современная элементная база. Информация с датчиков будет обрабатываться микроконтроллером. В зависимости от концентрации метана в лаве микроконтроллер, на основе заложенного алгоритма, информирует диспетчера и принимает решение об отключении электроэнергии или изменении скорости движения комбайна.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку информационной системы по контролю метановыделения с улучшенными характеристиками.

Дальнейшее совершенствование системы контроля может быть осуществлено обновлением элементной базы, которая совершенствуется очень быстро.

Литература:

1. Айруни А.Т. "Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений в угольных шахтах". "Наука", М., 1987, 310с.
2. Технологический паспорт выемочного участка 3-й восточной лавы Мандрыкинского пласта центральной панели Н4.
3. Янко С.В., Ткачук С.П. "Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт". "Основа", К., 1994, 311с.
4. "Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа". М., 1989, 191с.
5. Мясников А.А., Садохин В.П. "Применение ЭВМ для решения задач управления метановыделением в шахтах". "Недра", М., 1977, 248с.
6. Ольховиченко А.Е. "Прогноз выбрсоопасности угольных пластов". "Недра", М., 1982, 278с.