

УДК 622.8

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО СПОСОБА ДИАГНОСТИКИ ОЧАГОВ ПОЖАРОВ В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

**Борисенко Д. И., Балабышко А. М.**

*(Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского, г. Москва, Россия)*

*У статті описуються основні досягнення, одержані в роботі по розробці акустичної ідентифікації горіння вугілля для діагностики вогнищ пожеж у вугільних пластах; пропонується здійснювати впровадження способу поетапно.*

*In this article described main results of work at investigation of acoustic identification of coal burning for fire centers in the coal layers diagnostic. It is suggested to implement this method in several stages.*

Одной из наиболее опасных и дорогостоящих при ликвидации их последствий проблем горного дела являются подземные пожары. Так, по данным ряда исследований потери подготовленных к выемке запасов углей шахт составляют 30-40 %. Один подземный пожар может уничтожить до 60 млн. тонн высокосортных углей и сделать практически безжизненной пустыней надпожаренную земную поверхность площадью более 3 млн. м<sup>2</sup> [1, стр. 230]. При применяющихся в горном деле технологиях для того, чтобы потушить пожар, нужно знать, где находится очаг горения, то есть уметь определять его координаты.

Применяющиеся методы не всегда позволяют делать это с точностью, необходимой для эффективного проведения противопожарных мероприятий. При измерении концентрации индикаторных газов существует риск неверного определения местопо-

ложения очага горения в силу подсоса газовой среды по системе полостей и трещин на значительные расстояния (километры) от зоны горения. На сегодняшний день даже в передовых в техническом отношении угледобывающих странах не существует способов диагностировать очаги пожара на расстоянии более 300 м. Как отмечено в [2, стр. 53], проницаемые для воспламеняющего импульса каналы между лавой и выработанным пространством на расстоянии от лавы более 300 м не доступны для контроля.

В этой связи наиболее перспективным представляется способ диагностики очагов пожаров в угольных пластах, основанный на регистрации акустического излучения, сопровождающего горение угля [3].

Важным этапом на пути внедрения указанного способа было проведение экспериментальной проверки разработанного метода в промышленных условиях. Поскольку точные координаты фронтов горения существующих очагов пожара на момент проведения эксперимента, а, следовательно, их взаимное расположение относительно чувствительных элементов системы в шахтных условиях неизвестны, то необходимо создать искусственный очаг горения. Делать это на действующей шахте невозможно по соображениям безопасности, поэтому логично было провести натуральный эксперимент в условиях открытых горных работ, где, во-первых, удобно задавать нужную геометрию эксперимента, во-вторых, весь эксперимент можно контролировать визуально, и, в-третьих, удобнее тушить очаг горения по завершении эксперимента. Осенью 2010 г такой эксперимент был проведен [4].

Схема проведения эксперимента представлена на рисунке 1.

После того, как это было осуществлено встаёт вопрос о полномасштабном внедрении описанной технологии.

Для налаживания серийного производства аппаратуры, реализующей акустический способ диагностики очагов пожаров в угольных пластах, необходимо провести ряд вспомогательных работ: как научно-исследовательских, так и опытно-конструкторских.

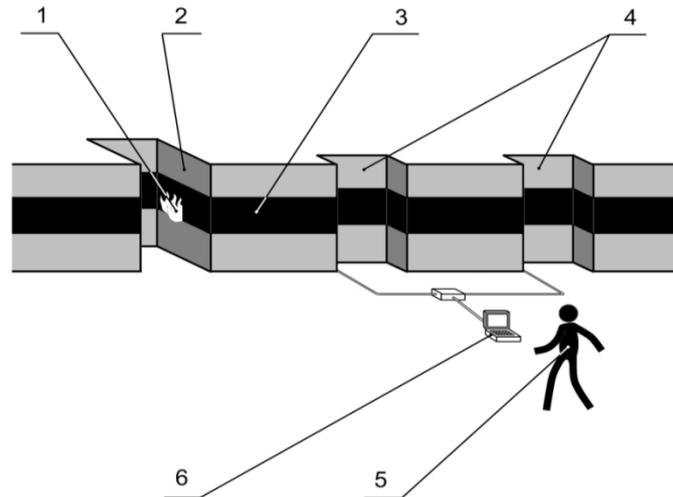


Рис. 1. Схема проведения натурального эксперимента:

1 – очаг горения; 2 – поверхность выреза, на которой располагался очаг горения; 3 – угольная пачка, непосредственно подвергавшаяся воздействию искусственного очага горения; 4 – вырезы, в которых располагались чувствительные элементы системы диагностики пожара; 5 – оператор; 6 – блок обработки информации и принятия решений

Внешний вид фрагмента забоя, на котором осуществлялись необходимые измерения, представлен на рисунке 2.

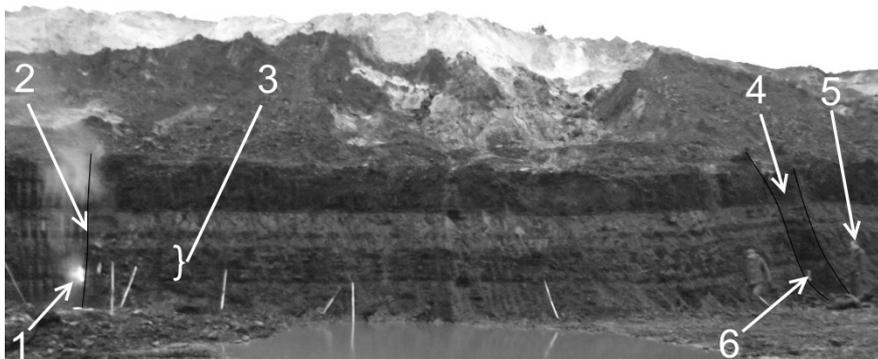


Рис. 2. Внешний вид фрагмента забоя при проведении эксперимента по акустической диагностике очага пожара в промышленных условиях: обозначения те же, что на рисунке 1

На данный момент основными задачами являются разработка автоматизированной системы опроса и обработки сигналов; создание универсальной искро-взрыво-безопасной конструкции аппаратуры, допустимой к применению на угледобывающих предприятиях СНГ; создание банка данных образов акустических сигналов.

Вопросы, отмеченные в [3, стр. 84], такие как определение стадии пожара, идентификация геометрии его очагов и определение распространения фронта горения (нахождение его скорости и направления) предлагается решать, внедряя способ акустической диагностики пожаров в угольных пластах поэтапно.

На первом этапе внедрения способа предлагается производить диагностику очагов пожаров по регистрации акустического излучения на действующих угледобывающих предприятиях непосредственно в угольных пластах. Вышеперечисленные вопросы в данном случае решаются путём увеличения времени наблюдения, когда можно сравнивать результаты текущих измерений с полученными ранее. При этом точность определения величин тем выше, чем дольше период наблюдения. Понятно, что желательно свести этот период к минимуму. Желательно иметь результат в виде точных координат очага пожара в ту же рабочую смену, в которую начаты необходимые измерения для получения соответствующих данных. Следует отметить, что перед собственно проведением измерений требуется провести некоторые подготовительные работы (расчистка доступа до поверхности обнажения, подготовка этой поверхности, установка чувствительных элементов, настройка аппаратуры). Идеальным является вариант, при котором все эти подготовительные работы также осуществляются в день получения готового результата. Второй путь – применение более сложных средств акустической диагностики. Для этого в настоящее время разрабатывается соответствующее оборудование.

На втором этапе – наиболее простом с точки зрения техники, но наиболее затратном в организационном плане – планируется закладка специализированных средств акустической диагностики пожаров на строящихся угледобывающих предприятиях. Наличие развитой системы установленных чувствительных эле-

ментов в угольных пластах позволит диагностировать очаги пожаров на ранних стадиях, что значительно упростит борьбу с ними. Принципиальная схема способа акустической диагностики пожаров для этого случая представлена на рисунке 3.

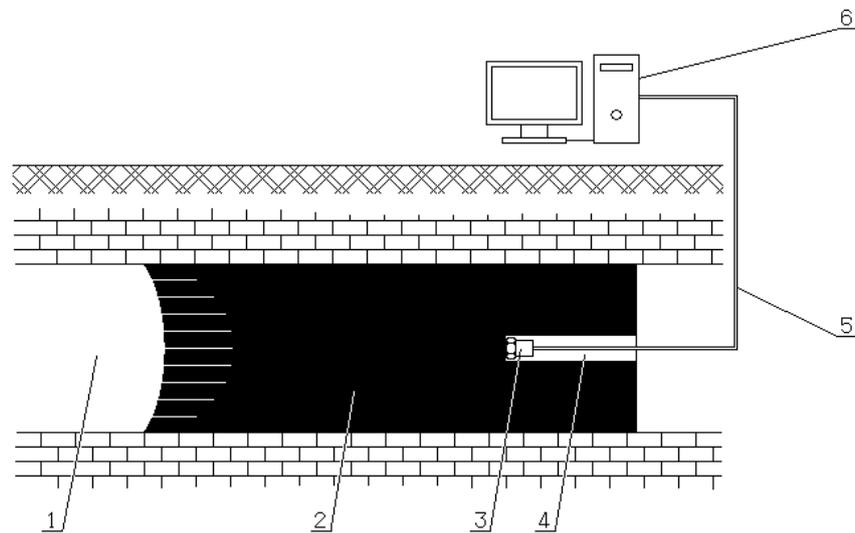


Рис. 3. Схема проведения диагностики подземного пожара с дневной поверхности с помощью заранее установленных чувствительных элементов:

1 – очаг пожара; 2 – угольный пласт; 3 – чувствительный элемент системы диагностики пожара; 4 – шпур; 5 – канал передачи сигнала; 6 – блок регистрации сигнала и принятия решения

Конструктивно оборудование, разрабатываемое для второго этапа внедрения способа, принципиально отличается от того, которое предлагается использовать при диагностике уже возникших пожаров на эксплуатируемых шахтах. При этом, безусловно, физические основы способа – распознавание акустического излучения, порождаемого горением угля и вмещающих пород – остаются идентичными.

Третий этап подразумевает диагностику подземных пожаров в угольных пластах с дневной поверхности с помощью мобильного комплекса. На рисунке 4 представлена схема возможного варианта реализации способа акустической диагностики пожаров в угольных пластах для таких условий.

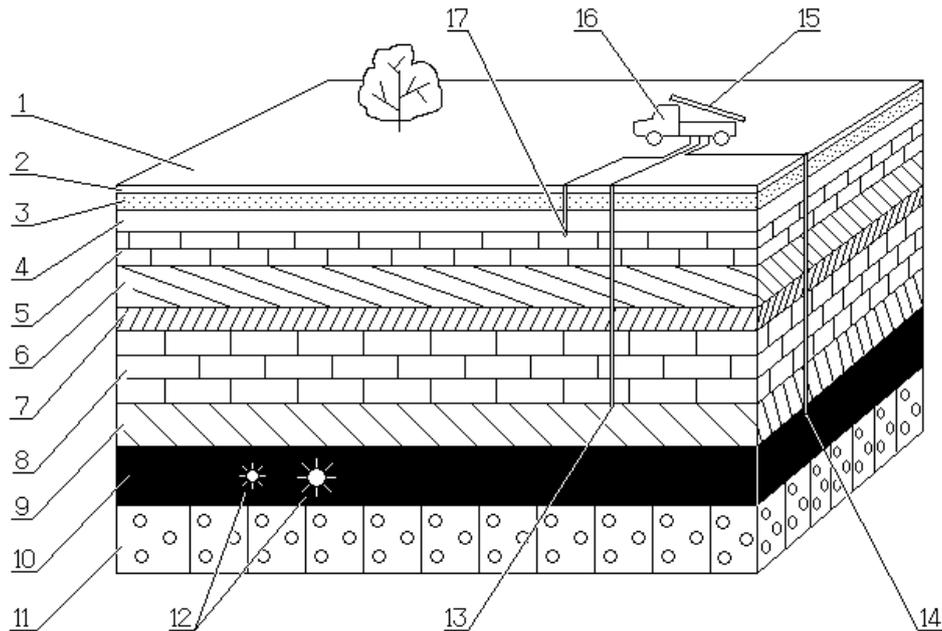


Рис. 4. Схема проведения диагностики подземного пожара с дневной поверхности:

1 – дневная поверхность; 2 – слой чернозема; 3 – слой песка; 4 – слой глины; 5 – 9, 11 – слои горных пород; 10 – пласт угля или выработанное пространство после извлечения твёрдого горючего полезного ископаемого; 12 – очаги эндогенных пожаров; 13 – чувствительный элемент системы, установленный в кровле или почве угольного пласта; 14 – чувствительный элемент системы, установленный непосредственно в угольном пласте; 15 – приспособление для бурения; 16 – передвижная станция диагностики подземных пожаров; 17 – чувствительный элемент системы, установленный в горных породах вдали от угольного пласта

Как отмечено в [5, стр. 5], упрощение схемы строения реальной геологической среды и её отображение в виде модели – неизбежный и необходимый этап любых геофизических исследований. Следует отметить, однако, что реальные условия горного массива не всегда позволяют действовать в приближении сплошной среды. Особенно актуально это для реализации способа на первом и третьем этапах. Понятно, что точность определения координат очагов пожаров зависит от соотношения характерных размеров пространственных неоднородностей среды, по которой

распространяются акустические волны, и расстояний между чувствительными элементами регистрирующей системы. В любом случае, как отмечалось выше, в работе предстоит решить ряд задач, в том числе связанных с верификацией расчётных моделей, для чего может потребоваться проведение промышленных экспериментов в различных горно-геологических условиях.

Принципиально отметить, что способ акустической диагностики очагов пожаров в угольных пластах является полностью отечественной разработкой и не имеет аналогов в мире.

Лабораторные эксперименты и проверка способа в промышленных условиях показали состоятельность разработанной методики и работоспособность созданного комплекта оборудования.

Долгое время – с 2005 г. – технология акустической диагностики подземных пожаров разрабатывалась самостоятельно одним из авторов (Д. И. Борисенко) и профессором Николаем Фёдоровичем Кусовым по собственной инициативе и на собственные средства. В 2011 г появилась возможность продолжать работы по этой теме в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы».

Поскольку эксперимент в промышленных условиях показал перспективность способа и его востребованность промышленностью, ближайшими мероприятиями по данной работе планируется провести серию экспериментов в различных горно-геологических условиях, в частности, на угледобывающих предприятиях Украины.

## СПИСОК ССЫЛОК

1. Колмаков А.В. / Техничко-экологические последствия от эндогенных пожаров в шахтах // Материалы Международной научно-практической конференции «Научкоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов»: сборник научных статей. СибГИУ; Под ред. В.Н. Фрянова, Е.В. Пугачева. – Новокузнецк, 2005. – 277 с.

2. Хермюльцхайм В., Бетка А. / 30-летний опыт разработки и применения эффективных средств борьбы с эндогенными пожарами // Глюкауф, 2010, август № 2(3), С. 51 – 54.
3. Борисенко Д.И. / Акустический способ диагностики очагов пожаров в угольных пластах // Сборник научных статей Современная наука. – 2010 № 3(5), С. 81 – 85.
4. Кусов Н.Ф., Борисенко Д.И. / Методология выполнения экспериментальных исследований по акустической диагностике очагов пожаров в угольных пластах в промышленных условиях // Науч. сообщ. / ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского. – М., 2010. – Вып. 336, С. 122 – 127.
5. Кондратьев О.К. Сейсмические волны в поглощающих средах. – М.: Недра, 1986. – 176 с.