

УДК 622.822

В.А. Портола, С.Н. Лабукин

## СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ИДЕНТИФИКАЦИИ САМОНАГРЕВАНИЯ УГЛЯ В ШАХТАХ

Развитие процесса самовозгорания угля в шахтах может длиться десятки суток в зависимости от химической активности угля и притока к нему кислорода. Особенно медленно происходит повышение температуры угля на стадии самонагревания. При температуре, близкой к температуре кипения воды процесс самонагревания обычно останавливается из-за интенсивного испарения жидкости изначально содержащейся в скоплении угля, а также воды, образовавшейся при химических реакциях окисления горючих компонентов угля. После выпаривания влаги процесс самовозгорания резко ускоряется, сопровождаясь выделением большого количества токсичных газов.

Наиболее опасная ситуация в шахте возникает при достижении очагом самовозгорания температуры пламенного горения, способного вызвать воспламенение и взрыв горючих газов и угольной пыли. Ликвидация развивающегося эндогенного пожара в шахтах требует длительного времени, существенных затрат и сопряжена с опасностью для жизни шахтеров и горноспасателей. Поэтому одним из путей повышения безопасности горных работ является разработка способов, позволяющих обнаружить процесс самонагревания на стадии медленного повышения температуры.

Применение газоаналитического метода обнаружения самовозгорания угля в шахтах становится менее эффективным из-за изменившихся условий горных работ, сопровождающихся увеличением нагрузки на забой, интенсивным образованием угольной пыли. Результатом сложившейся ситуации

является образование при низкотемпературном окислении и разрушении угля с выделением в рудничную атмосферу большого количества таких газов, являющихся индикатором процесса самовозгорания, как оксид углерода, водород, предельные и непредельные углеводороды. В результате резко усложняется обнаружение ранней стадии процесса самовозгорания, а очаг фиксируется на стадии пламенного горения угля.

С целью обнаружения ранней стадии процесса самовозгорания угля, предложен способ, основанный на измерении влагодержания воздуха [1]. Однако шахтные исследования показали, что данный способ не срабатывает при относительной влажности рудничного воздуха, близкой к 100 %. Согласно проведенным замерам такая ситуация обычно возникает в теплое время года, характеризуемого высокой температурой и повышенной влажностью атмосферного воздуха. При поступлении в шахту и охлаждении относительная влажность воздуха быстро повышается, достигая 100%.

Для повышения эффективности обнаружения самонагревания был предложен способ, основанный на контроле за содержанием в рудничном воздухе, прошедшем через скопление угля, суммарного содержания пара и жидкого аэрозоля [2]. Образование в воздухе жидкого аэрозоля происходит при конденсации пара, выделившемся в воздух при прохождении нагретого угля, где интенсифицируются испарение изначально содержащейся и образующейся при окислении воды.

Определение содержания в рудничной атмосфере суммар-

ного количества пара и жидкого аэрозоля, образовавшегося в воздухе после прохождения через нагретый уголь и последующего его остывания, производилось с использованием адсорбционного метода. Проведенные ранее исследования показали, что для замера образующегося жидкого аэрозоля и остаточного пара достаточно 10 г сорбента [2]. В качестве сорбента можно использовать силикагель или активированный уголь. Для обнаружения самонагревания угля путем замера суммарного количества пара и жидкого аэрозоля в воздухе разработано устройство (рис. 1), состоящее из механического насоса и емкости с сорбентом.

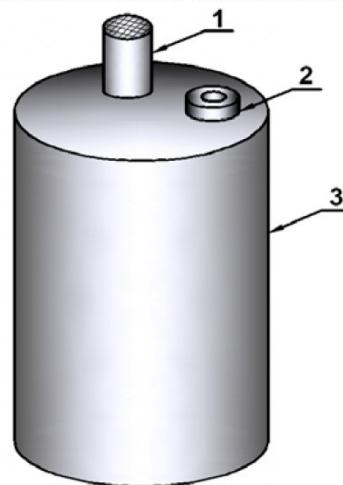


Рис 1. Устройство для обнаружения самонагревания угля:  
1 – съемная емкость с сорбентом; 2 – обратный клапан; 3 – насос

Одним из основных параметров работы устройства, определяющим степень поглощения влаги и, соответственно, влияющим на точность обнаружения процесса самонагревания, является расход воздуха, который прокачивается через сорбент. При изучении влияния расхода воздуха на количество

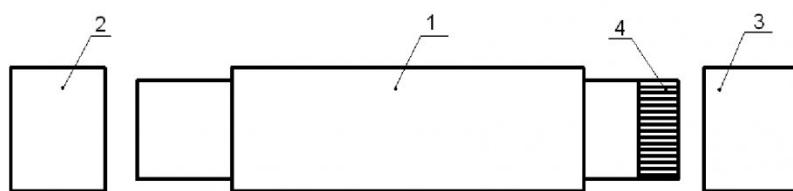


Рис. 2. Емкость с сорбентом (адсорбционная колонка):  
1 – корпус; 2,3 – крышки; 4 – крышка с сеткой

поглощаемой влаги сорбентом был использован силикагель марки КСКГ. Для создания жидкого аэрозоля в воздухе применялся ультразвуковой увлажнитель. Схема емкости с силикагелем показана на рис. 2. Силикагель помещался в корпус 1, который с торцов закрывался сетками, одна из которых (№ 4) была съемной. Для предотвращения потери поглощенной сорбентом влаги во время транспортирования корпус 1 закрывался герметично крышками 2 и 3. Количество поглощенного из воздуха пара и жидкого аэрозоля определялось взвешиванием емкостей с сорбентом.

В ходе эксперимента регистрировались следующие параметры: масса емкостей с силикагелем до и после прокачивания воздуха, время наполнения пробоотборника. Чтобы изменить расход воздуха, емкости с сорбентом устанавливались последовательно одна за другой и герметично соединялись между собой. Таким образом, увеличивается аэродинамическое сопротивление при прохождении воздуха и соответственно уменьшается его расход.

Перед замером адсорбционная колонка (рис. 2) с внутренним диаметром 19 мм и высотой слоя сорбента 45 мм герметично закрывается крышками 2,3 и взвешивается. В ходе эксперимента воздух прокачивался через одну емкость, затем через две последовательно соединенных емкости и т.д. Последнее измерение было проведено при семи последовательно установленных емкостях. Для того чтобы определить количество влаги «прокачивающей»

через слой сорбента, все емкости взвешивались каждый раз после завершения замера. Результаты исследований по изменению количества влаги, поглощенной сорбентом при снижении расхода воздуха, приведены на рис. 3.

Анализируя приведенные на рис. 3 данные можно сделать следующие выводы. При увели-

чении расхода воздуха, прокачиваемого через слой сорбента, уменьшается количество поглощенной им влаги. При расходе воздуха от 0,88 до 1,25 л/мин количество поглощенной влаги практически не изменяется. Каждый раз силикагель поглощает по 0,23 г влаги, из чего можно сделать вывод, что влага, находящаяся в воздухе в виде пара и аэрозоля, поглощается практически полностью.

В ходе эксперимента также оценивалось количество влаги, которая проскаивает через один слой сорбента. Для этого измерялась масса каждой емкости, установленной за первой по ходу движения воздуха. Количество проскочившей влаги при

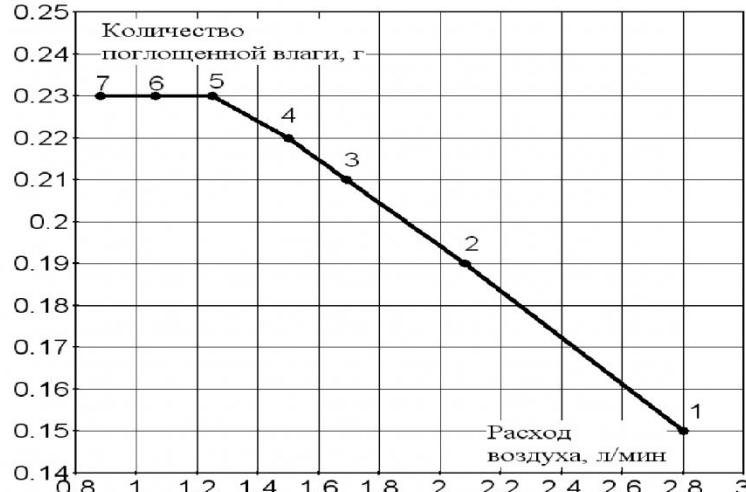


Рис. 3. Зависимость количества поглощенной сорбентом влаги от расхода воздуха.

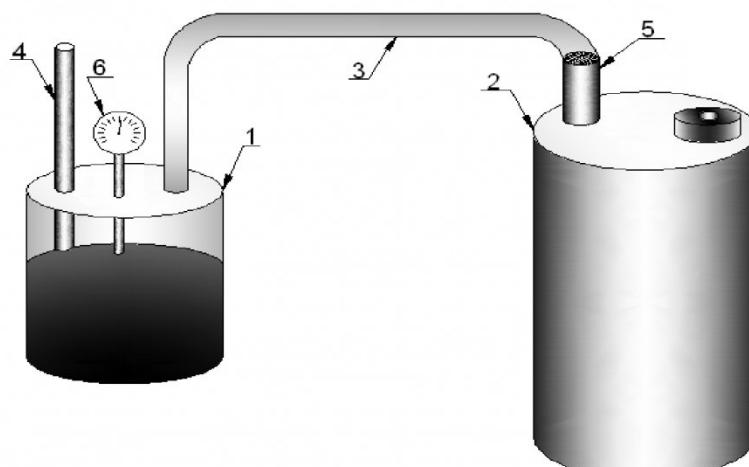


Рис. 4. Схема установки: 1 – емкость с измельченным углем; 2 – пробоотборник; 3 – соединительный патрубок; 4 – воздухозаборная трубка; 5 – емкость с сорбентом; 6 – термометр

расходе воздуха 0,88 – 1,69 л/мин составляет 0,01 г, при расходе 2,08 – 2,8 л/мин – 0,02 г.

Таким образом, на основании проведенных экспериментов можно сделать вывод, что при расходе воздуха 1,25 л/мин и менее силикагель марки КСКГ будет поглощать максимальное количество влаги. Поэтому при шахтных замерах необходимо придерживаться такого расхода воздуха.

Проверка работоспособности способа обнаружения ранней стадии самонагревания угля по количеству влаги воздухе, прошедшем через нагретое скопление угля, и устройства для его реализации были проведены в лабораторных условиях. В эксперименте была использована установка, представленная на рис. 4. Предварительно измельченный уголь помещался в емкость 1, которая подогревалась с наружной поверхности, а также жидким теплоносителем по трубкам, проложенным через пробу угля. Температура угля при подогреве изменялась от 25 °C (комнатной) до 70 °C и изменилась термометром 6. Атмосферный воздух поступал в уголь через патрубок 4. Емкость 5 с сорбентом предварительно взвешивалась, затем устанавливалась на пробоотборник 2 и герметично соединялась патрубком 3 с емкостью 1. Воздух поступал в емкость 1 через воздухозаборную трубку 4 за счет депрессии, которую создавал пробоотборник.

Эксперименты по нагреву проводились с пробами угля влажностью 5 и 10 %. Атмосферный воздух, проходящий через скопление нагреваемого угля, имел температуру 25 °C и относительную влажность 40 %. Абсолютное влагосодержание воздуха составляло 9,2 г/м<sup>3</sup>. Расход воздуха через сорбент поддерживался на уровне 1,35 л/мин. Изменение суммарной влажности воздуха, прошедшего через нагреваемый уголь с

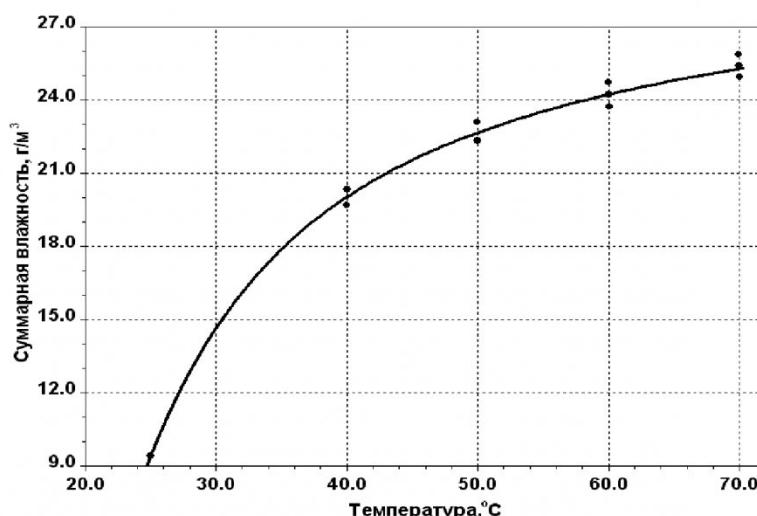


Рис. 5. Количество выделяющейся влаги при нагреве угля влажностью 5%

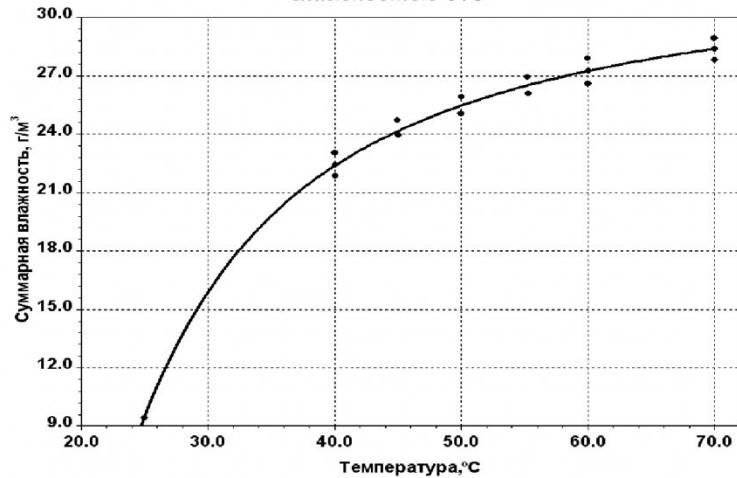


Рис. 6. Зависимость суммарного содержания влаги в воздухе от температур

начальной влажностью 5 %, приведено на рис. 5. На рис. 6 представлено влияние температуры угля на суммарное содержание влаги в воздухе, прошедшем через уголь влажностью 10 %.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что с повышением температуры угля существенно увеличивает содержание пара в проходящем воздухе. Так, при повышении температуры с 25 °C до 40 °C содержание влаги в воздухе увеличивается в два раза (при начальной влажности угля 5 %), а при нагреве до 70 °C почти в три раза. Еще более существенный рост содержания влаги в воздухе, прошедшем через на-

греваемое скопление, зафиксирован в экспериментах с углем, имеющим начальную влажность 10 %.

Расчеты показывают, что после остывания воздуха, прошедшего через нагреваемый уголь, до естественных температур горных пород шахт Кузбасса (10-15 °C), его максимальное влагосодержание резко понижается до 7,5 – 8,0 г/кг. Поэтому большая часть выделившейся в угле влаги будет конденсироваться в воздухе с образованием жидкого аэрозоля. Разработанный прибор позволяет замерять в воздухе суммарное количество пара и жидкого аэрозоля, что повысит эффективность обнаружения

самонагревания угля на стадии, когда не происходит интенсивное выделение пожарных инди-

каторных газов.

В настоящее время разработанный способ и устройство

проходят испытания на шахтах Кузбасса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белавенцев Л. П. Контроль ранних стадий самовозгорания угля по теплофизическим параметрам рудничного воздуха / Л.П. Белавенцев, В. А. Скрицкий, А. Я. Каминский // Способы и средства предупреждения самовозгорания угля в шахтах: Сб. науч. тр./ ВостНИИ. – Кемерово, 1988. – Т. 49.- С. 4-14.
2. Портола В.А., Лабукин С.Н. Обнаружение очагов самовозгорания угля на ранней стадии развития. Безопасность труда в промышленности. - 2009. - № 4. - С. 34 - 37.

□Авторы статьи:

Портола  
Вячеслав Алексеевич  
- докт. техн. наук, проф.  
каф. аэрологии,  
охраны труда и природы КузГТУ

Лабукин  
Сергей Николаевич  
- аспирант каф.  
аэробиологии,  
охраны труда и природы КузГТУ