

УДК 658.284/3:681.5

А.В. Ремезов, В.Г. Харитонов, К.А. Филимонов, П.С. Коротаев, А.В. Рогачков

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ГАЗОВОЗДУШНЫХ СКВАЖИН ОТ ВЗРЫВА

С развитием комбинированного проветривания очистных забоев [1] возникла необходимость в бурении одиночных или групповых газоотсасывающих скважин с дневной поверхности в отработанное пространство или отдельного очистного забоя, или в отработанное пространство панели, горизонта и т.д.

Для улучшения эффективности газоотсасывающих установок пришлось увеличивать диаметр газоотсасывающих скважин с диаметра 100-150 мм до 500-1000 мм и более, при этом разрабатывать новые газоотсасывающие вентиляторы с увеличенной их производительностью от 9 до 38 м<sup>3</sup>/с. В настоящее время разработан и выпускается целый пирометрический ряд газоотсасывающих вентиляторов: УВЦГ-7, УВЦГ-9, УВЦГ-15, производитель-

ность которых соответственно 9; 18,5; 38 м<sup>3</sup>/с.

Первоначально правилами ПБ разрешалось из выработанного пространства отсасывать через скважины газовоздушную смесь с содержанием метана (CH<sub>4</sub>) до 100 %. В дальнейшем при эксплуатации газоотсасывающих установок произошел ряд аварий с большими людскими жертвами, например на ОАО «Шахта «Комсомолец». Произошли также аварии на шахтах «Есаульская», «Зыряновская», им. С.М. Кирова. Последний случай произошел на ЗАО «Шахта «Распадская», когда разряд молнии ударили в канал газоотсасывающего вентилятора, воспламенил газовоздушную смесь и затем через газоотсасывающую скважину проник в отработанное горное пространство. Причиной этих аварий послужило нарушение

регламента производства ремонта газоотсасывающих установок, т.е. ведение огневых работ на оборудовании, входящем в состав газоотсасывающей установки без перекрытия и герметизации устьев газоотсасывающих установок.

После тщательного анализа причин произошедших аварий специальными комиссиями Гостехнадзора, Гостехнадзор принял решение, которое обязывало эксплуатационников до разработки специальных средств и устройств предотвращающих распространение пламени горения метана с поверхности через газоотсасывающие скважины в подземные горные выработки снизить содержание газа метана (CH<sub>4</sub>) в отсасываемой из горных выработок на поверхность газовоздушной смеси до 2 % (в исключительных случаях до 3 %). Принятие такого решения по

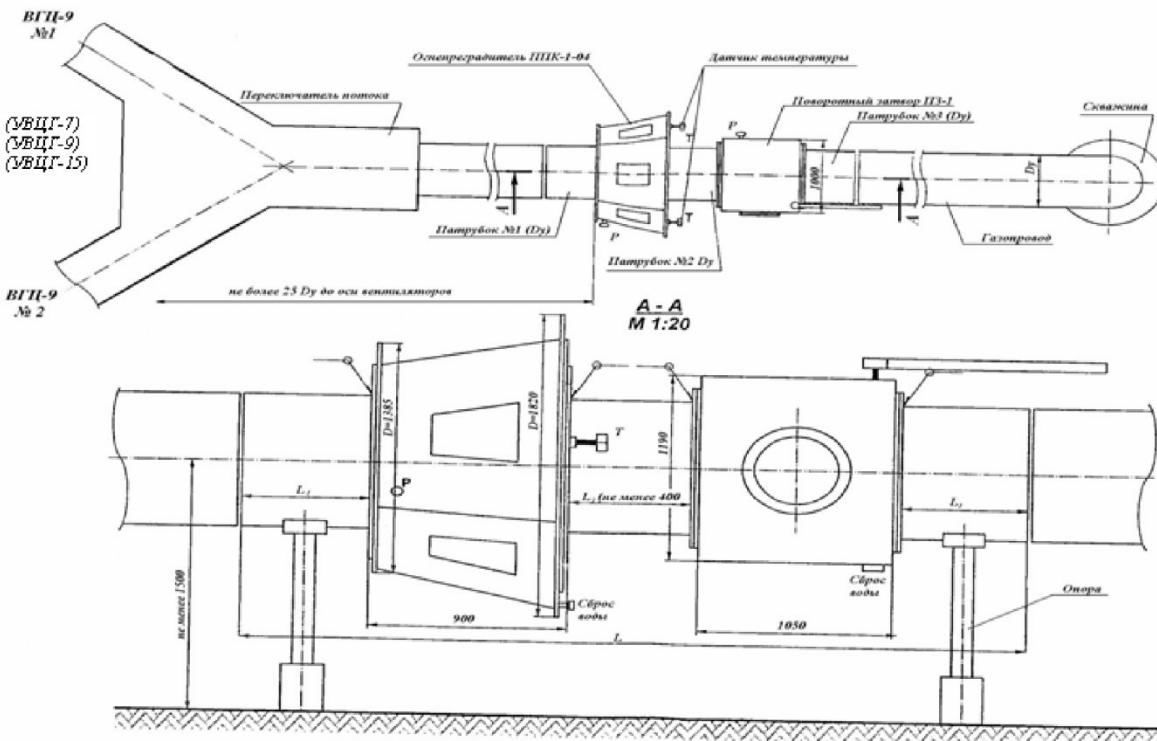


Рис.1. Система локализации пламени СЛПZh

снижению содержания газа метана в газовоздушной смеси резко снизило эффективность комбинированного проветривания.

Своим письмом от 11.06.02 № 04-35/332 Гостехнадзор России принял решение с 01.08.02 оснащать все вновь вводимые в эксплуатацию газоотсасывающие и вакуум-насосные установки системами локализации пламени.

В настоящее время на шахтах Кузбасса применяются: «Система локализации пламени шахтная» (СЛПШ), разработанная и изготавливаемая ООО НПП «Шахтпожсервис» (г. Кемерово) и «Система взрывозащиты газоотводящей сети» (СВГС-900), разработанная ООО НПП «Системы промышленной безопасности» (г. Бийск). «Система взрывозащиты газоотводящей сети» (СВГС) проходила эксплуатационные испытания на шахтах «Комсомолец», «Чертинская».

«Система локализации пламени шахтная» (СЛПШ) оборудованы газоотсасывающие установки на шахтах «Октябрьская», «Полысаевская», «Заречная», им. С.М. Кирова, «Грамотеинская» и оборудуются другие шахты. Элементы системы СЛПШ располагаются в основном в соединительном канале, соединяющим вентилятор со скважиной (рис. 1).

#### ***Устройство и работа «Системы локализации пламени» (СЛПШ)***

Структуры технических средств СЛПШ для ГОУ наземного комплекса представлены на рис. 2. На рис. 2, а представлена СЛПШ для ГОУ наземного комплекса с ручным управлением, т.е. перекрытие потока МВС в газопроводе 5 и подача свежего воздуха для охлаждения и продувки элементов СЛПШ и ГОУ осуществляется с помощью поворотных затворов машинистом установки. СЛПШ включает в себя: огнепреградитель коммуникационный ППК-

1; поворотные затворы 7; датчики температуры 10; блоки питания, защиты 4; прибор вторичный (устройство сопряжения); блок сигнализации 3 и может быть доукомплектована сепаратором газо-водяной смеси СГВС 6 и датчиком разности давлений 11.

На рис.2, б представлена СЛПШ для ГОУ надземного комплекса, т.е. перекрытие потока МВС в газопроводе 5 и подача свежего воздуха осуществляется по команде устройства сопряжения 2 на блок управления 12. схема позволяет перейти на дистанционное управление, а при отказе электроприборов 13 на ручное управление. Эта СЛПШ может быть доукомплектована поз. 8 и 11 по заказу потребителя.

В процессе эксплуатации на ГОУ наземного или подземного комплексов СЛПШ находится в следующих режимах:

*рабочий (длительный)* – поток МВС свободно проходит через ее элементы с незначительными потерями давления на их сопротивлении, которое со временем с момента начала эксплуатации может увеличиться и достичь величины выше допустимой;

*аварийный (кратковременный)* – при воспламенении пламени МВС в газопроводе на стороне вентиляторной установки на ГОУ наземного комплекса или на любой из сторон огнепреградителя ППК-1 на ГОУ подземного комплекса.

В аварийном режиме ударная волна сжатой МВС дойдет по газопроводу до огнепреградителя ППК-1 и разрушится, пламя же, дойдя до пламегасящего элемента огнепреградителя ППК-1, может продолжить гореть, подпитываясь свежей горючей смесью, или прекратит горение. При подходе и «посадке» пламени МВС на пламегасящем элементе огнепреградителя ППК-1 происходит разогрев чувствительного элемента датчика температуры, который выдает сигнал:

*электрический* в СЛПШ на ГОУ наземного комплекса, преобразованный в световую и звуковую сигнализации и, при наличии, включения электроприборов поворотных затворов;

*гидравлический* в СЛПШ на ГОУ подземного комплекса, преобразованный в электрический для включения световой и звуковой сигнализации.

При использовании СЛПШ на ГОУ наземного комплекса датчика давления его показания можно считывать визуально, также как и датчика температуры на цифровом табло (циферблете) вторичного прибора, а сигнал, превышающий уставку, использовать для световой и звуковой сигнализации. Для периодического измерения давления потока МВС на элементах СЛПШ имеются герметично закрытые штуцера. Переход СЛПШ из рабочего режима в аварийный осуществляется без участия обслуживающего персонала по сигналу от датчиков температуры.

На ГОУ наземного комплекса с ручным управлением затворов необходимо в течение 8 минут выполнить операции:

- закрыть затвор, установленный по потоку;
- открыть затвор, установленный перпендикулярно потоку.

На затворах с электроприводами эти операции осуществляются автоматически.

На ГОУ подземного комплекса перекрытие потока и гашение пламени МВС осуществляется автоматически распыленной водой из оросителей.

На ГОУ наземного комплекса во взрывоопасной зоне (газопровод) элементы СЛПШ питаются от искробезопасных источников, которые обеспечивают по одной и той же цепи питания и передачу токовых сигналов величиной от 4 до 20 мА.

Во вторичный прибор сигнал приходит искробезопасным по величине равный искробезопасному сигналу от датчика. На

ГОУ подземного комплекса все элементы СЛПШ находятся во взрывоопасной зоне и, поэтому, имеют рудничное взрывозащищенное исполнение с искробезопасными цепями.

В качестве устройства подачи воды приняты элементы установки автоматического пожаротушения УАП, в состав которого входят: сетчатый фильтр УАП 01, мембранный клапан УАП 02, оросители УАП-Л 00.08, датчик температуры ТД 516 М мод А и сигнализирующий манометр ДМ 8017CrУ2.

Принцип устройства подачи воды:

*в рабочем режиме* вода из пожарно-оросительного трубопровода через отвод, задвижку и фильтр поступает в напорную камеру клапана и через калиброванное отверстие в мемbrane в побудительную камеру и далее к элементам побудительной системы (датчикам температуры и манометру);

*в аварийном режиме* чувствительные элементы датчиков температуры разрушаются, происходит разгерметизация побудительной системы и побудительной камеры клапана и снижение давления воды в них до атмосферного.

Под действием напора воды со стороны напорной камеры мембра на, сжимая пружину, переходит в противоположное положение, открывая тем самым проход воде из пожарно-оросительного трубопроводом к оросителям, распыляющим воду на пламегасящий элемент огнепреградителя.

#### Огнепреградитель коммуникационный ППК-1

Предназначен для гашения пламени и ударной волны взрыва метановоздушной смеси (МВС) в газопроводах дегазационных и газоотсасывающих систем угольных шахт.

В зависимости от типоразмера и технической и другой документации ППК-1 обозначается: ППК-1-01; ППК-1-02;

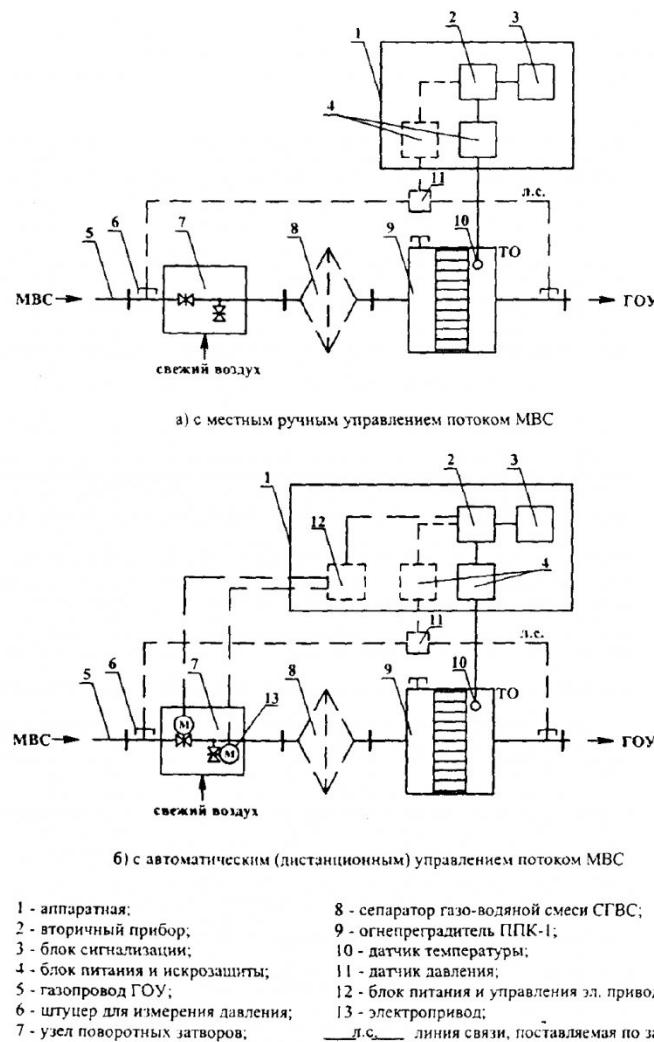


Рис. 2. Схема структурная технических средств СЛПШ на ГОУ наземного комплекса

ППК-1-03; ППК-1-04. Общий вид огнепреградителя показан на рис. 3. По устойчивости к воздействию климатических факторов внешней среды ППК-1 соответствует исполнению УХЛ категории 1 по ГОСТ 15150. ППК-1 устанавливается на наземных газопроводах, по которым транспортируется метановоздушная смесь ( $\text{CH}_4$ ) любой концентрации горючего компонента на минимальном удалении от возможного места воспламенения.

#### Устройство и работа.

Гасящее действие ППК-1 основано на принципе интенсивного теплообмена, который происходит между стенками каналов кассет и продуктами горения. Конструкция ППК-1

расчитана на давление детонационной волны и ее гашение за счет предохранительных устройств, которые одновременно являются смотровыми люками для проведения работ внутри ППК-1.

В рабочем режиме метановоздушная смесь свободно проходит через ППК-1, оказывая незначительное сопротивление потоку.

В аварийном режиме, в случае воспламенения  $\text{CH}_4$  в трубопроводе, фронт пламени дойдет до пламегасящего элемента (поз.5), задерживается. Воздействие пламени на кассету (поз.4) должно быть не более 10 мин.

Кассета пламегасящего элемента ППК-1 состоит из

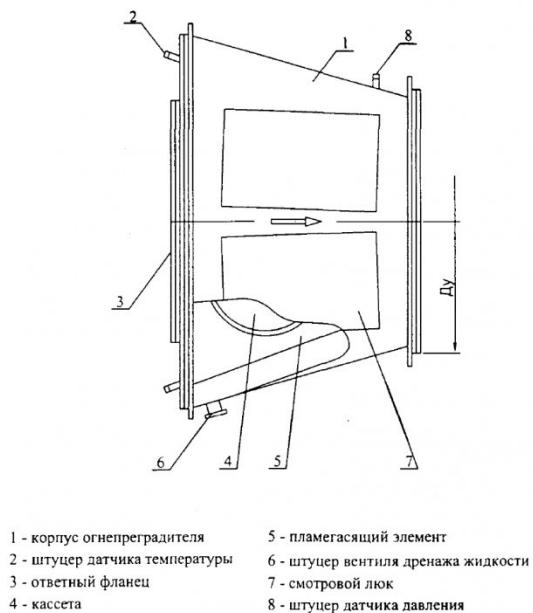


Рис.3. Огнепреградитель коммуникационный ППК-1

концентрически навитых гофрированной и плоской металлических лент, уложенных в обечайку.

Кассета и пламегасящий элемент устанавливаются в корпусе ППК-1 (поз.1) герметично. В корпусе ППК-1 имеются:

- штуцер (поз.6) для дренаажа жидкости;
- смотровые люки (поз.7);
- штуцера: для тепловых датчиков (поз.2), для датчика давления (поз.8).

ППК-1 должен эксплуатироваться с температурными датчиками у пламегасящего элемента.

#### **«Система взрывозащиты газоотводящей сети» (СВГС)**

Проходила эксплуатационные испытания на шахтах «Комсомолец», «Чертинская». Эксплуатационные испытания закончены, установка находится на стадии сертификации и получения разрешения на применение на предприятиях, подконтрольных Ростехнадзору.

Принципиальная схема установки СВГС показана на рис. 4 и 5. СВГС предназначена для локализации и тушения объемного возгорания метановоздушной смеси, переходящего во взрыв при возникновении по-

ципов взрывозащиты, реализованных в установке СВГС, положено три возможных механизма гашения пламени: тепловой (теплопотери), кинематический (потеря энергии при транспортировании флегматизатора – распыление в потоке газа воды) и аэродинамический (потеря энергии на преодоление турбулентного трения).

При возгорании метановоздушной смеси и возникновении взрыва происходит гашение открытого и взрывного горения гидрозолем, снижается давление во фронте ударной волны за счет вскрытия предохранительных мембран взрывопреградителя, а также обеспечивается автоматическое перекрытие аэродинамического канала между камерой огнепреградителя и входным патрубком СВГС (газоотводящей скважиной) посредством гидрозатвора.

Условно СВГС можно разделить на три функциональные части. Первая (входная) часть установки (рис. 4) включает входной патрубок, резервный бак 3 и бак эвакуации жидкости 15 с элементами управления рабочим уровнем жидкости в корпусе СВГС – краны баков

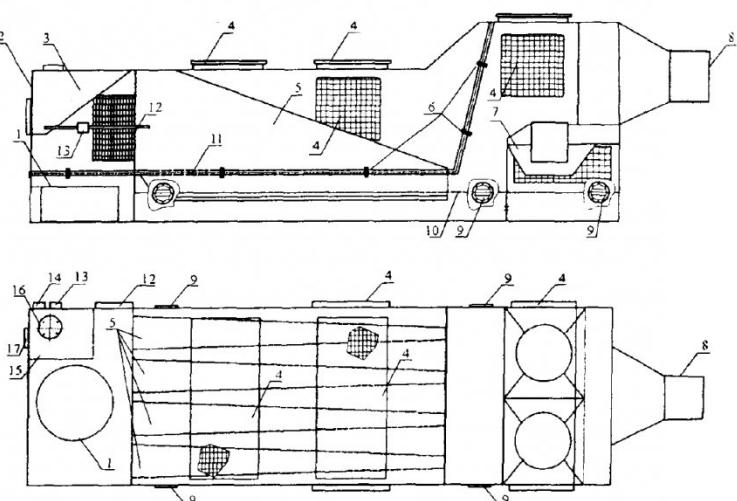


Рис.4. Принципиальная схема взрывозащиты поверхности газоотводящей сети (СВГС): 1 - входной патрубок; 2 - корпус СВГС; 3 - резервный бак; 4 - вышибные мембранны; 5 - ротоклон; 6 - стяжные болты; 7 - антициклон; 8 - выходной патрубок; 9 - окно уровня жидкости в корпусе; 11 - разъем корпуса; 12 - технологическая заглушка; 13, 14 - кран соответственно бака и бака эвакуации жидкости;

резервного 13 и эвакуации излишков жидкости 14.

Вторая часть установки – взрывоогнепреградитель – располагается в ее центральной части и отделяется герметично от входной установки ротоклоном 5 (рис. 5).

Ротоклон – это устройство, предотвращающее проникновение пламени в газоотводящую скважину и уменьшающее в 5-6 раз скоростной напор транзитного газа для снижения аэродинамического сопротивления СВГС.

В настоящем исполнении (рис. 5.) ротоклон состоит из четырех не связанных друг с другом герметичных полостей 6, в нижней части которых имеются выходные щели (вид А), опущенные в жидкость (воду) на некоторую глубину  $\delta$  – величину, называемую «опуском» ротоклона.

Аэродинамическая геометрия ротоклона спроектирована таким образом, что осуществляется распределением газового потока вдоль его опуска. Для этой цели предназначены и аэродинамические лопатки-перемычки 4.

Третья функциональная часть установки СВГС представляет собой устройство для отделения капель жидкости из транзитного потока газа, возвращения жидкости в корпус СВГС и представляет собой два спаренных антициклона 7 (рис. 4), установленных для уменьшения аэродинамического сопротивления СВГС в параллель.

Работа СВГС заключается в следующем. В исходном состоянии, при выключенном вентиляторе, опуск ротоклона отделяет газоотводящую скважину от вентилятора (выход газа в атмосферу) гидрозатвором (вид А, рис. 5). При включении вентилятора транзитный газ (рис. 5, поз. 7) из газоотводящей скважины поступает в расширительную часть 5 щелей ротоклона.

Газ, проходя через опуск, образует у стенок ротоклона псевдосжиженную газоводянную

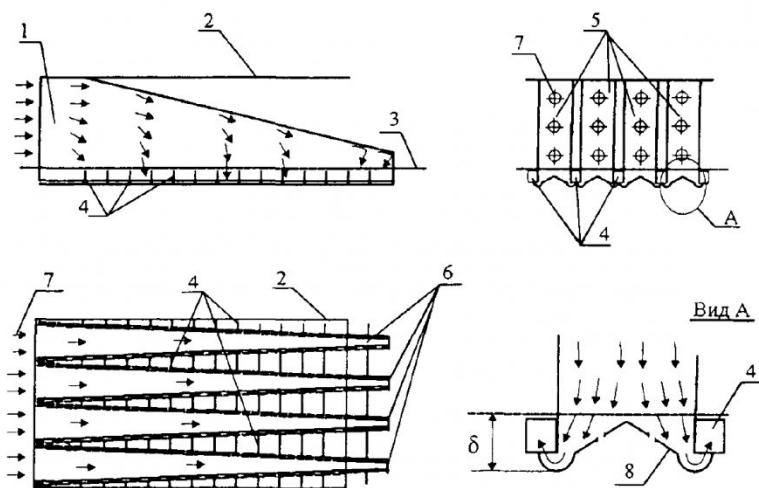


Рис.5. Принципиальная схема ротоклона огнепреградителя:  
1 - корпус ротоклона; 2 - верхняя панель корпуса СВГС; 3 - уровень жидкости в корпусе СВГС; 4 - аэродинамические лопатки-перемычки; 5 - входное сечение в щелевую часть ротоклона; 6 - щели ротоклона; 7 - направление движения транзитного газа в щелях ротоклона; 8 - геометрия опуска ротоклона

смесь – гидрозоль. В вертикальном сечении гидрозоль условно подразделяется на три зоны (рис. 6): I – жидкость, II – жидкостно-пузырьковая смесь, III – пена.

При возгорании метановоздушной смеси перечисленные зоны гидрозоля создают надёжную преграду для проникновения огня в щелевую часть ротоклона, а, следовательно, и в газоотводящую скважину.

При возникновении аварийной ситуации (возгорание метановоздушной смеси, переходящего во взрыв) мембрана срывается с места крепления под воздействием падающей на неё ударной волны или при давлении в корпусе СВГС, превышающем атмосферное на 40-50 ДаПа.

Срыв вышибных мембран 4 (рис. 7) приводит к резкому снижению давления во фронте ударной волны до уровня, при котором конструктивные элементы СВГС сохраняют свою прочность и не изменяют свою геометрию. При этом гидравлический затвор создаёт препятствие и не пропускает распространение ослабленной ударной волны в щели ротоклона и в газоотводящую скважину. Ти-

повая конструкция вышибной заглушки показана на рис. 7.

Первым недостатком системы СЛПШ является то, что она занимает часть канала, а в связи с тем, что огнепреградитель ППК-1-04 системы СЛПШ состоит из сетчатых лабиринтов, которые со временем забиваются разными пылевидными отходами, содержащимися в отсасываемой газовоздушной смеси, то это приводит к повышению компрессии и уменьшению производительности вентилятора, дополнительному расходу электроэнергии.

Вторым недостатком является то, что при остаточном пламени на огнепреградителе его тушение производится или от ручного воздействия машиниста газоотсасывающей установки (что связано с определенной инерционностью действия и возможностью вторичного взрыва смеси) или при автоматическом воздействии на остаточное пламя или высокую температуру огнепреградителя за счет подачи на него газоводянной смеси, что практически представляет определенную трудность в климатических условиях Сибири при температуре ниже 0 °C.

**Основные недостатки системы СВГС («Система взрывозащиты газоотводящей сети»)**

1. Значительная громоздкость и сложность установки.
2. Работа ротоклона (устройство предотвращающее проникновение пламени в газоотсасывающую скважину) строится на пропускании и гашении пламени через слой воды. Эксплуатация такой установки в условиях низкой температуры является сложной.

Для устранения недостатков вышеописанных устройств нами разработана принципиально новая система предотвращения распространения воспламенения и взрыва газовоздушной смеси на поверхности газоотсасывающей установке в подземные выработки через газоотсасывающую скважину (рис. 8.).

В состав данного разработанного устройства входят:

- пирометрический датчик обнаружения с высокой скоростью вспышки газовоздушной смеси (см. патент РФ № 2109345 от 20.04.1998. / Г.В. Леонов, Ю.Л.Станкевич, С.И. Каширин);
- генератор, способный с высокой скоростью выбросить в канал соединяющий газоотсасывающий вентилятор – скважину достаточное количество

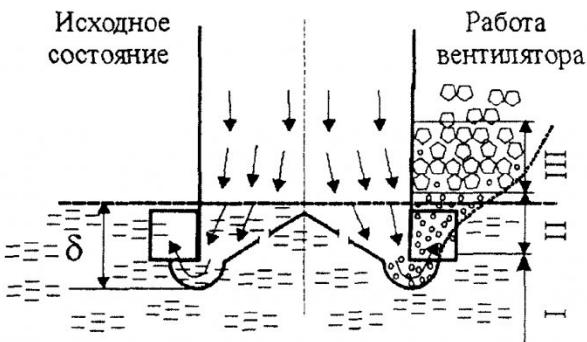


Рис. 6. Схема транзита газа через опуск ротоклона

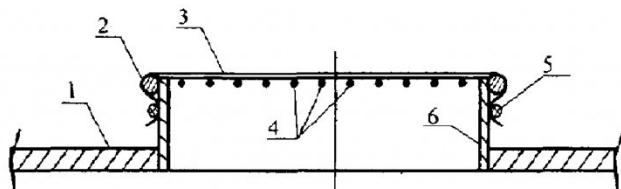


Рис. 7. Схема вышибной заглушки: 1 - корпус СВГС; 2 - ват-тканцовка; 3 - прорезиненная ткань - мембрана; 4 - решётка; 5 - стяжёлая мкта; 6 - патрубок

для подавления пламени инертных холодных газов или другого ингибитора для подавления пламени, например, инертной пыли.

Пирометрический датчик располагается в газовоздушном канале, но так как он имеет малые размеры – диаметр 100 мм и длину 200 мм, то он занимает в канале мало места и не оказывает значительного сопротивления проходу газовоздушной смеси и не влияет отрицательно на характеристики работы само-

го вентилятора.

Генератор инертной среды расположен на внешней стороне канала. Мы предполагаем в разработанной нами установке использовать генератор двухстороннего действия, например типа УПВ-30П, БСП КР (см. Патент № 2070967) или другие подобной конструкции. С коробом канала данные сопрягаются только соплами и не оказывают вообще сопротивления проходу газовоздушной смеси.

Количество инертного ин-

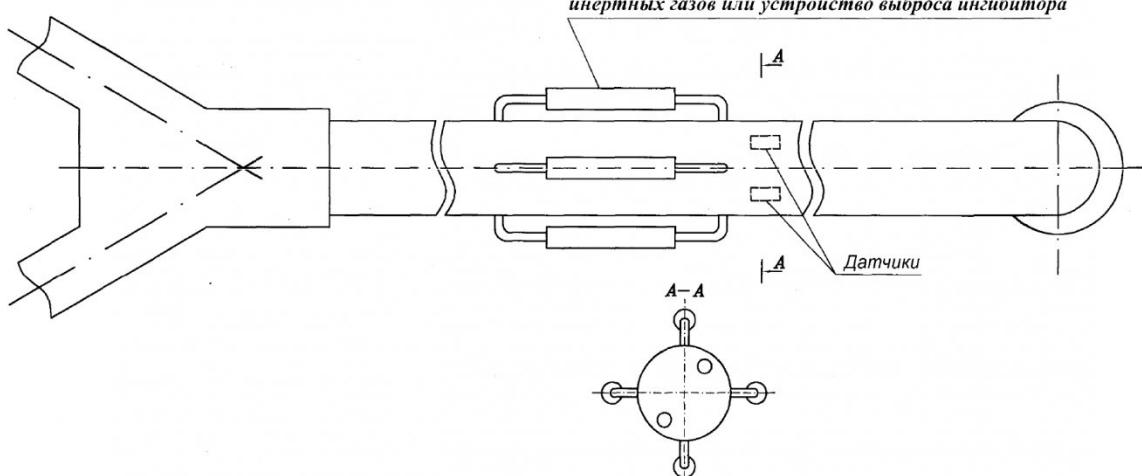


Рис. 8. Система предотвращения распространения воспламенения и взрыва газовоздушной смеси на поверхности газоотсасывающей установке в подземные выработки через газоотсасывающую скважину

гибатора или инертных газов рассчитывается в соответствии с характеристикой газовоздушной скважины и характеристикой применяемого вентилятора.

Защитные характеристики разрабатываемого устройства позволяют:

- устранить отрицатель-

ное воздействие применяемого устройства локализации пламени СЛПШ на общую характеристику газоотсасывающего устройства;

- повысить надежность предотвращения распространения пламени в шахту;
- повысить содержание

газа метана в газоотсасывающей установке до 100 %;

- повысить значительно эффективность самого комбинированного проветривания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию комбинированного проветривания выемочных участков с применением газоотсасывающих вентиляторных установок для шахт ОАО «Компания «Кузбассуголь» / С.С. Золотых, Г.Г. Стекольщиков, Г.И. Денисенко и др.: Кемерово, 2000 г.
2. Руководство по эксплуатации «Системы локализации пламени шахтной» (СЛПШ) ООО НПП «Шахтпожсервис» (г. Кемерово).
3. Руководство эксплуатации «Система взрывозащиты газоотводящей сети» (СВГС-900) ООО НПП «Система промышленной безопасности» (г. Бийск).

Авторы статьи:

Ремезов Анатолий Владимирович – докт. техн. наук, проф. каф. РМПИ	Харитонов Виталий Геннадьевич – канд.техн. наук, ген. директор ОАО «Шахта «Заречная»	Филимонов Константин Александрович – канд.техн. наук, доц. каф. РМПИ	Коротаев Павел Сергеевич –магистрант	Рогачков Антон Владимирович –магистрант
---	---	--	--	--

УДК 622.012.3:625.86.001.2

В.А. Шаламанов, О.П. Афиногенов, С.Н. Шабаев

## ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ СОСТАВОВ ЩЕБЕНОЧНО-ПЕСЧАНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ КАРЬЕРНЫХ ДОРОГ

По разным оценкам, доля угля, добываемого открытым способом, составляет в настоящее время 50-65% и наблюдается тенденция к ее увеличению. При этом одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих процессов является транспортирование горной массы. В нем занято до половины работников горнодобывающих предприятий, а транспортные затраты достигают 40-70% от общих затрат на добычу полезных ископаемых [1,2]. Наиболее распространенный вид карьерного транспорта – автомобильный. На его долю приходится около 65% перевозок горной массы на карьерах России и 85% за рубежом. На разрезах Кузбасса автотранспортом перевозится до 65% вскрытых пород и практически весь уголь [3].

В большинстве случаев в качестве материалов для устройства покрытий и оснований автомобильных дорог карьеров применяется фракционированный щебень (от 10-30 до 120-150 мм) [4]. Важно отметить, что слои дорожной одежды зачастую устраивают без заклинки, что снижает их несущую способность, сдвигостойчивость [5], и не соответствует требованиям СНиП 2.05.07-91\* [6]. Использование в покрытиях фракционированного щебня без заклинки снижает ходимость шин. Если учесть, что доля затрат на шины в структуре себестоимости транспортирования составляет до 30%, а общие затраты на шины за срок службы автосамосвала достигают 60-80% его стоимости [7], становится очевидной необходимость

применения оптимальных смесей. Кроме того, дорожные покрытия из щебня, устроенного по способу заклинки, практически не ремонтопригодны. Таким образом, применение щебеночно-песчаных смесей – один из лучших вариантов, способных сократить себестоимость продукции горнодобывающих предприятий за счет увеличения сроков службы шин и снижения затрат на строительство слоев дорожных одежд, их содержания и ремонта.

Если для автомобильных дорог общего пользования зерновые составы щебеночно-песчаных смесей для устройства покрытий и оснований нормированы ГОСТ 25607-94 [8], то для карьерных дорог этот вопрос остается открытым. Ниже предлагаются предпосылки для