

УДК 622.233:622.235:622.831



Д.В. БОТВЕНКО

канд. техн. наук,
заведующий лабораторией
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: 642935@rambler.ru



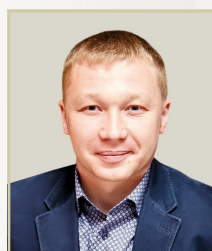
С.И. ГОЛОСКОКОВ

канд. техн. наук,
заведующий лабораторией
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: s.goloskokov@nc-vostnii.ru



М.Ю. КОПТЕВ

ведущий инженер
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово



Е.П. ТАТАРНИКОВ

инженер-проектировщик
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: Teep-411@mail.ru

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЛОКАЛИЗАЦИИ ВЗРЫВОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЫ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ООО «УК «МЕЖЕГЕЙУГОЛЬ»

Проведен анализ нормативной документации по вопросу предупреждения и локализации взрывов пылегазовоздушных смесей в горных выработках. Рассмотрены технические решения по отработке запасов угля камерно-столбовой системой отработки. Разработаны научно обоснованные рекомендации по размещению автоматических средств локализации взрывов (АСЛВ) для безопасного ведения горных работ при отработке запасов угля системой КСО.

Ключевые слова: КАМЕРНО-СТОЛБОВАЯ СИСТЕМА ОТРАБОТКИ, ЗАСЛОН, АВТОМАТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ЛОКАЛИЗАЦИИ ВЗРЫВОВ, ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЗРЫВОВ, ИНЕРЦИОННОСТЬ СРАБАТЫВАНИЯ, ИЗВЕЩАТЕЛЬ АСЛВ

С вводом в действие Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по локализации и предупреждению взрывов пылегазовоздушных смесей в угольных шахтах», утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 06 ноября 2012 г. № 634 [1] (далее – Инструкция),

на шахтах для предотвращения распространения взрывов пылегазовоздушных смесей по сети шахтных выработок должны применяться автоматические средства локализации взрывов (далее – АСЛВ).

Согласно п. 38 Инструкции заслонами локализуются взрывы пылегазовоздушных смесей:

- в подготовительных выработках, проводимых по угляю или по угляю и породе;
- в очистных выработках;
- в конвейерных выработках;
- в крыльях шахтного поля по каждому пласту;
- на пожарных участках;
- в складах взрывчатых материалов (далее – ВМ) и раздаточных камерах;
- в газодренажных выработках.

Рассматриваемые в Инструкции вопросы и приведенные подробные указания по размещению АСЛВ при ведении очистных и проходческих работ применимы к системам

отработки длинными столбами по простиранию (ДСО) с проведением двух штреков, оконтуривающих выемочный участок, и последующей отработкой лавы механизированным комплексом.

При камерно-столбовой системе отработки (КСО) реализация указанных в Инструкции рекомендаций по размещению АСЛВ затруднена в связи с разветвленной сетью выработок, имеющих аэродинамическую связь друг с другом. При этом протяженность данных выработок значительно меньше предусмотренных Инструкцией расстояний для размещения АСЛВ (рисунок 1).

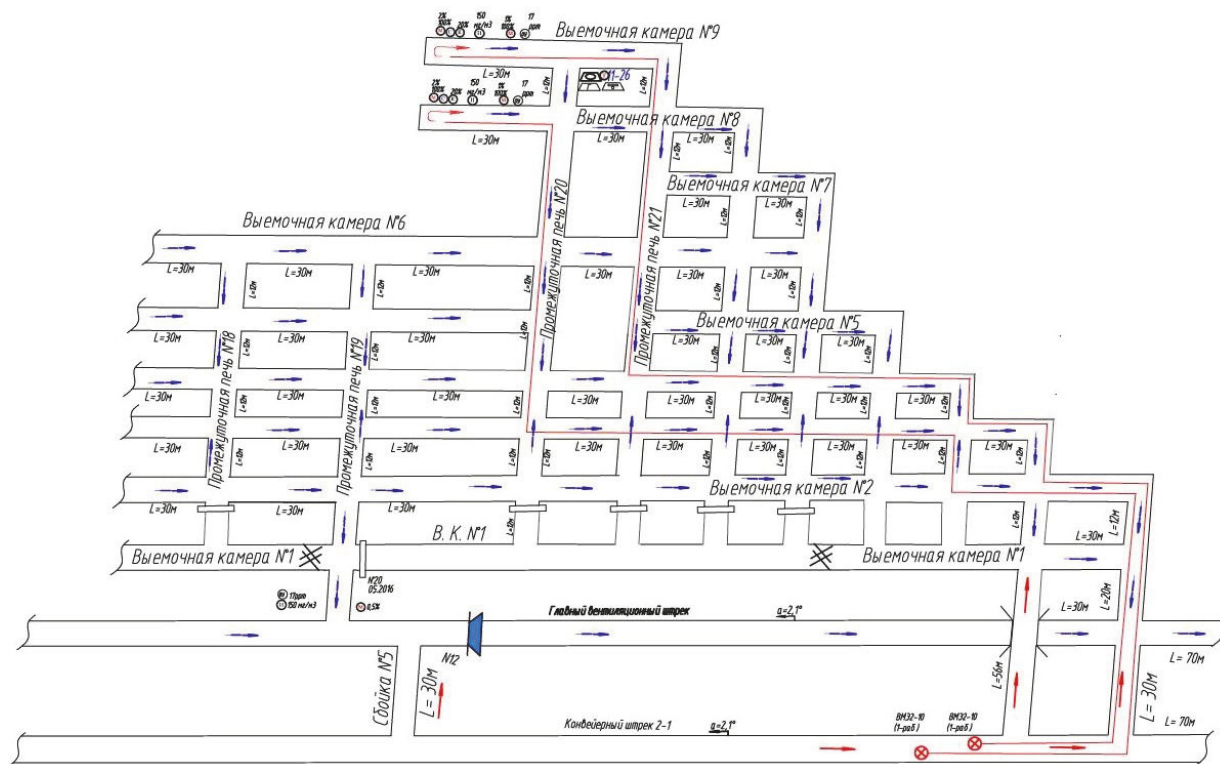


Рисунок 1 – Сеть горных выработок по пласту 2 (Улуг) ООО «УК «Межегейуголь» при применении КСО

В связи с этим в угольных компаниях, осуществляющих добычу полезных ископаемых камерно-столбовой системой отработки, стали возникать затруднения с реализацией требований нормативных документов по вопросу расстановки АСЛВ по сети горных выработок.

С учетом указанных обстоятельств ЗАО «Промуглепроект» была подана заявка в АО «НЦ ВостНИИ» на разработку научных и практических рекомендаций, направленных на предупреждение и локализацию взрывов пылегазовоздушных смесей с использованием АСЛВ при отработке запасов системой КСО.

При подготовке рекомендаций по расстановке автоматических средств локализации взрывов были рассмотрены следующие материалы:

- «Технический проект разработки Межегейского месторождения в лицензионных границах ООО «УК «Межегейуголь». I очередь. Дополнение № 1»;

- краткая геологическая характеристика пласта 2 (Улуг);

- краткая горнотехническая характеристика подготовки и отработки блока №1;

- рекомендации по предупреждению и гашению взрывов угольной пыли «Борьба с угольной и породной пылью в шахтах» [2];

- «Пылевая взрывоопасность горного производства» [3];

- руководство по эксплуатации автоматической системы взрывоподавления-локализации взрывов (АСВП-ЛВ.1М);

- руководство по эксплуатации мортиры пылемётной газодинамической (МПП).

Для проведения выработок и отработки запасов на участке КСО блока №1 предусматривается использование проходческих комбайнов СМ240 (производства «Caterpillar Inc. company»). Проходка спаренных выработок осуществляется одним или двумя проходческими комбайнами совместно с самоходными анкероустановщиками. Отход забоя подготовительной выработки предполагается на 9 м

без крепления кровли для смены проходческого оборудования (комбайна и самоходного анкероустановщика).

Согласно техническим решениям, заложенным в действующей проектной документации, подготовка участка КСО блока №1 будет осуществляться путем проведения промежуточных печей с главного вентиляционного штрека. С промежуточных печей предусматривается вести отработку запасов на рассматриваемом участке системой КСО путем проведения выемочных камер. Для подготовки и отработки участка КСО будут использоваться три комплекта оборудования.

Способ проветривания шахты – нагнетательный, система проветривания – единая, схема проветривания – центрально-фланговая. Проветривание выемочных камер при отработке запасов системой КСО осуществляется вентиляторами местного проветривания.

Проветривание забоев подготовительных выработок обеспечивается также с помощью вентиляторов местного проветривания ВМЭ-8(А) и МЭ-2-10А и гибких вентиляционных трубопроводов ($d=1000$ мм).

Отработка выемочного участка осуществляется путем проходки спаренных выемочных камер шириной 7 м и высотой не более вынимаемой мощности пласта. Ширина целика между штреками составляет 12 м. Выемочные камеры сбиваются между собой через каждые 30 м, образуя межкамерные целики (целики-столбы) размером 30×12 м.

В настоящее время для локализации и гашения взрывов пылегазовоздушных смесей на шахтах применяются автоматические системы локализации взрывов (АСЛВ). На территории Российской Федерации разрешено применение АСЛВ типа АСВП-ЛВ.1М и мортиры пылемётной газодинамической (МПП).

Основные технические параметры и размеры АСВП-ЛВ.1М и мортиры пылемётной газодинамической (МПП) представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Основные технические параметры и размеры АСВП–ЛВ.1М

Основной параметр	Значение
Рабочее давление сжатого воздуха в рабочей полости устройства локализации взрыва (УЛВ), МПа (кг/см ²)	9,8...13,77 (100 ...140)
Объём рабочей полости, см ³	1366
Наименьшая площадь выходного сечения рабочей полости, см ²	1,13
Число выхлопных отверстий из рабочей полости УЛВ в промежуточную камеру, шт.	8
Суммарная площадь выхлопных отверстий, см ²	9,04
Полезный объём промежуточной камеры и бункера для размещения пламегасящего порошка, см ³	37 875
Масса пламегасящего порошка, размещаемого в промежуточной камере и бункере, кг	Не менее 25
Минимальная чувствительность срабатывания системы при давлении на фронте ударно-воздушной волны, МПа	0,02
Инерционность срабатывания системы, мс	15...20
Длина создаваемого взрыволокализирующего заслона (облака пламегасящего порошка) в горной выработке, м	Не менее 30
Количество выносных штанг, шт.	1-3
Габаритные размеры устройств, мм, не более: Устройство локализации взрыва (УЛВ): наибольший диаметр (рассекателя) наименьший диаметр (скользящей муфты) длина Автономное командное устройство (АКУ): Выносная штанга: длина диаметр Приёмный щит: длина высота толщина Подвеска: длина ширина (max) высота (min – max) Поддержка: длина ширина (max) высота (min – max)	 410 85 1250 2000 25 365 365 4 720 80 (114...200) 301 50 120
Масса системы, кг	76

Таблица 2 – Основные технические параметры и размеры mortarы пылеметной газодинамической

Основной параметр	Значение
Длина создаваемого взрывокализирующего заслона (облака огнетушащего порошка), м	Не менее 40
Минимальная чувствительность срабатывания системы (давление на фронте ударно-воздушной волны), МПа	0,005
Инерционность срабатывания системы с датчиком ДУВ, мс	Не более 17
Инерционность срабатывания системы с оптическим датчиком ДОВМ-001, м/с	Не более 5
Масса огнетушащего порошка, кг	10...60
Расстояние выноса пускового элемента (датчика) от системы взрывоподавления, м	120
Локализация взрывов смесей углеводородов с воздухом со скоростями распространения ударно-воздушной волны (УВВ) с датчиком ДОВМ-001, м/с	Без ограничений <24000
Локализация взрывов смесей углеводородов с воздухом со скоростями распространения ударно-воздушной волны (УВВ) с датчиком ДУВ, м/с	Без ограничений <7000
Маркировка вида и уровня взрывозащиты	PO Exial X / OExialICT6 X
Размеры, мм:	
длина	2500
высота	450
ширина	400

Примечание

1. Защищаемые объекты: горные выработки, газопроводы, газоотводящие сети, разгрузочные печи.
2. Места крепления mortarы: кровля, борт, почва горной выработки, подвижной состав, газопровод (фланцевое соединение).

Процесс гашения взрывов пылегазово-воздушных смесей заслонами зависит от многих факторов, связанных непосредственно с условиями протекания взрыва. Наиболее важными из них являются:

- положение фронта пламени взрыва относительно ударной волны;
- скорость движения пламени;
- интенсивность пламени;
- величина давления ударной волны [2, 3].

Перечисленные факторы обуславливают основные требования к расположению АСЛВ, необходимому для гашения взрыва, концентрации огнетушащего вещества, чувствительности датчиков к давлению воздушной волны и инерционности АСЛВ.

Гашение взрыва с наибольшей эффективностью происходит при условии, если к моменту подхода пламени к автоматическому заслону ударная волна привела огнетушащее вещество (при применении АСЛВ) во взвешенное состояние по всему сечению выработ-

ки. Наблюдая различные стадии взрыва, можно отметить, что по мере распространения взрыва пламя догоняет ударную волну. При большом отставании фронта пламени от ударной волны последняя приведет АСЛВ в действие слишком рано, и находящееся во взвешенном состоянии огнетушащее вещество может не сохранить необходимую плотность облака. При слишком малом отставании АСЛВ не успеет сработать до подхода пламени. В том и другом случаях защитное действие автоматического заслона ослабевает.

При увеличении скорости движения пламени уменьшается время контакта его с частицами огнетушащего вещества, вследствие чего оно недостаточно охлаждается.

Влияние интенсивности пламени заключается в том, что чем выше температура пламени и чем больше объем горящих частиц, тем труднее происходит охлаждение его огнетушащим веществом и тем больше требуется его для гашения взрыва [2].

Давление ударной волны возрастает по мере удаления от источника взрыва. Одновременно с удалением от источника взрыва увеличивается интенсивность и скорость движения самого пламени, что затрудняет нейтрализацию взрыва [2].

Из вышесказанного следует, что наиболее эффективно средства локализации действуют при расположении их в тех местах, где фронт пламени еще отстает от максимума давления, развиваемого ударной волной [2].

На основании данных приложения [2] Инструкции [1] по формуле (1) было опреде-

ленно время отставания фронта пламени от ударно-воздушной волны на различных расстояниях и стадиях развития взрыва (таблицы 3–8).

$$T_{\text{отст}} = \frac{L}{V_{\text{пл.}}} - \frac{L}{V_{\text{в}}} \cdot 1000, \quad (1)$$

где L – расстояние, пройденное ударной волной и фронтом пламени, м; $V_{\text{пл.}}$ – скорость распространения фронта пламени, м/с; $V_{\text{в}}$ – скорость распространения ударно-воздушной волны, м/с.

Таблица 3 – Основные характеристики протекания слабого взрыва в начальной стадии его развития

Параметр	Расстояние, пройденное ударно-воздушной волной и фронтом пламени при слабом взрыве в начальной стадии его развития, м								
	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Время отставания фронта пламени, мс	160-608	140-532	120-456	100-380	80-304	60-228	40-152	20-76	10-38

Таблица 4 – Основные характеристики протекания слабого взрыва

Параметр	Расстояние, пройденное ударно-воздушной волной и фронтом пламени при слабом взрыве, м								
	400	350	300	250	200	150	100	90	80
Время отставания фронта пламени, мс	547-800	478-700	410-600	342-500	274-400	205-300	137-200	123-180	110-160

Таблица 5 – Основные характеристики протекания сильного взрыва в начальной стадии его развития

Параметр	Расстояние, пройденное ударно-воздушной волной и фронтом пламени при сильном взрыве в начальной стадии их развития, м								
	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Время отставания фронта пламени, мс	41-110	36-95	30-82	25-69	20-55	15-41	10-27	5-14	2-7

Таблица 6 – Основные характеристики протекания сильного взрыва

Параметр	Расстояние, пройденное ударно-воздушной волной и фронтом пламени при сильном взрыве, м								
	400	350	300	250	200	150	100	90	80
Время отставания фронта пламени, мс	134-206	117-180	100-154	84-128	67-103	50-77	34-51	30-46	27-41

Таблица 7 – Основные характеристики протекания детонационного взрыва в начальной стадии его развития

Параметр	Расстояние, пройденное ударно-воздушной волной и фронтом пламени при детонационном взрыве в начальной стадии его развития, м								
	80	70	60	50	40	30	20	10	5
Время отставания фронта пламени, мс	>27	>24	>20	>16,7	>13,4	>10	>6,7	>3,4	>1,7

Таблица 8 – Основные характеристики протекания детонационного взрыва

Параметр	Расстояние, пройденное ударно-воздушной волной и фронтом пламени при детонационном взрыве, м								
	400	350	300	250	200	150	100	90	80
Время отставания фронта пламени, мс	>134	>117	>100	>84	>67	>50	>34	>30	>27

Время отставания фронта пламени от ударно-воздушной волны при взрывах различной силы показывает, что менее всего по времени фронт пламени отстает при детонационном взрыве. Учитывая, что невозможно предугадать, какой именно силы взрыв произойдет в шахте, при установке АСЛВ необходимо рассматривать взрыв наибольшей силы (детонационный). Устанавливать АСЛВ при взрывах различной силы необходимо на разных расстояниях, учитывая инерционность срабатывания АСЛВ (инерционность сраба-

тывания АСЛВ, применяемых на территории Российской Федерации, составляет от 5 до 20 мс). На основании данных приложения 2 Инструкции [1] была рассчитана требуемая инерционность срабатывания АСЛВ (таблица 9) по формуле:

$$T_{\text{инер}} = \frac{L}{V_{\text{пл}}} \cdot 1000, \quad (2)$$

где L – расстояние от извещателя до места установки АСЛВ, м; $V_{\text{пл}}$ – скорость распространения фронта пламени, м/с;

Таблица 9 – Требуемая инерционность срабатывания АСЛВ в зависимости от расстояния до извещателя

Расстояние от АСЛВ до извещателя, м	Требуемая инерционность срабатывания АСЛВ, мс
5	2
10	4
15	6
20	8
25	10
30	12
35	14
40	16
45	18
50	20
55	22
60	24
65	26
70	28

Расстояние от АСЛВ до извещателя, м	Требуемая инерционность срабатывания АСЛВ, мс
75	30
85	32
90	34
95	36
100	38
105	40
110	42
115	44
120	46

Проведен анализ документации на ведение горных работ в условиях ООО «УК «Межегейуголь», выполнены математические расчеты и проанализированы результаты проведенных испытаний средств локализации взрывов пылегазовоздушных смесей [2, 3] с учетом инерционности (времени) срабатывания АСЛВ, скорости распространения ударно-воздушной волны и фронта пламени, времени отставания фронта пламени от ударно-воздушной волны и ее избыточного давления на различных стадиях взрыва пылегазовоздушных смесей в горных выработках.

Ниже приведены научные рекомендации по размещению АСЛВ в горных выработках при отработке запасов системой КСО в условиях ООО «УК «Межегейуголь».

При ведении подготовительных работ

1. Подготовительные забои выработок, проводимых по углю или углю и породе, длина тупиковой части которых не превышает 30 м, необходимо ограждать автоматическими средствами локализации взрывов путем их размещения во всех сопряженных с указанными забоями действующих выработках на расстоянии от сопряжений 30...50 м. Извещатели АСЛВ следует устанавливать от места нахождения АСЛВ на расстоянии в соответствии с требуемой инерционностью срабатывания АСЛВ (таблица 9). Они должны быть направлены в сторону сопряжения с действующими выработками. Каждый извещатель подключается ко всем установленным АСЛВ (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема установки АСЛВ в подготовительной выработке длиной не более 30 м

2. Автоматические средства локализации взрывов в подготовительных выработках, проводимых по углю или по углю и породе, длиной более 30 м в условиях ООО «УК «Межегейуголь» рекомендуется устанавливать в их устьях. Извещатели АСЛВ следует

устанавливать от места размещения АСЛВ на расстоянии в соответствии с требуемой инерционностью срабатывания АСЛВ (таблица 9) (рисунки 3, 4) и направлять в сторону сопряжения с подготовительной выработкой.



Рисунок 3 – Схема установки АСЛВ в подготовительной выработке длиной более 30 м

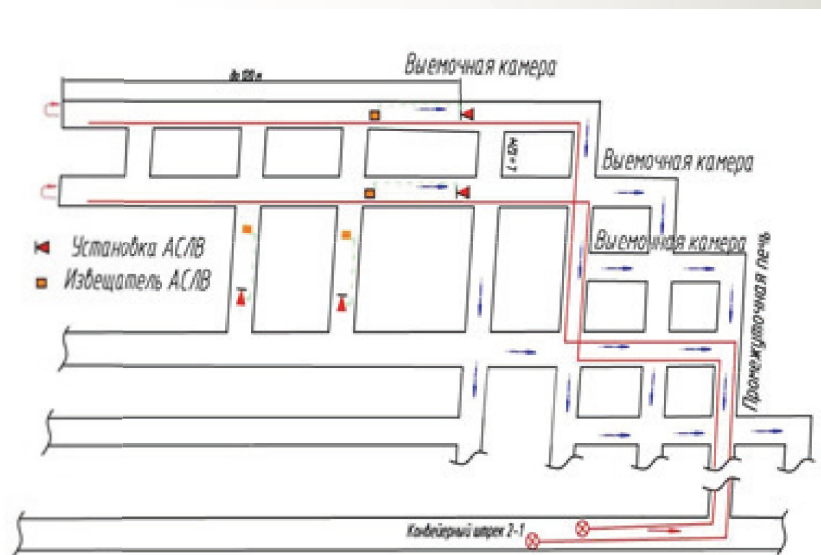


Рисунок 4 – Схема установки АСЛВ в подготовительной выработке длиной не более 120 м

При отработке целиков угля (очистные работы)

1. Устанавливать автоматические средства локализации взрывов в условиях ООО «УК «Межегейуголь» рекомендуется в устье всех выработок протяженностью не менее 30 м (на прямолинейных участках), имеющих аэро-

динамическую связь с очистной выработкой. Извещатель АСЛВ необходимо устанавливать от места размещения АСЛВ на расстоянии в соответствии с требуемой инерционностью срабатывания АСЛВ (таблица 9) (рисунок 5), и направлять в сторону сопряжения с очистной выработкой.

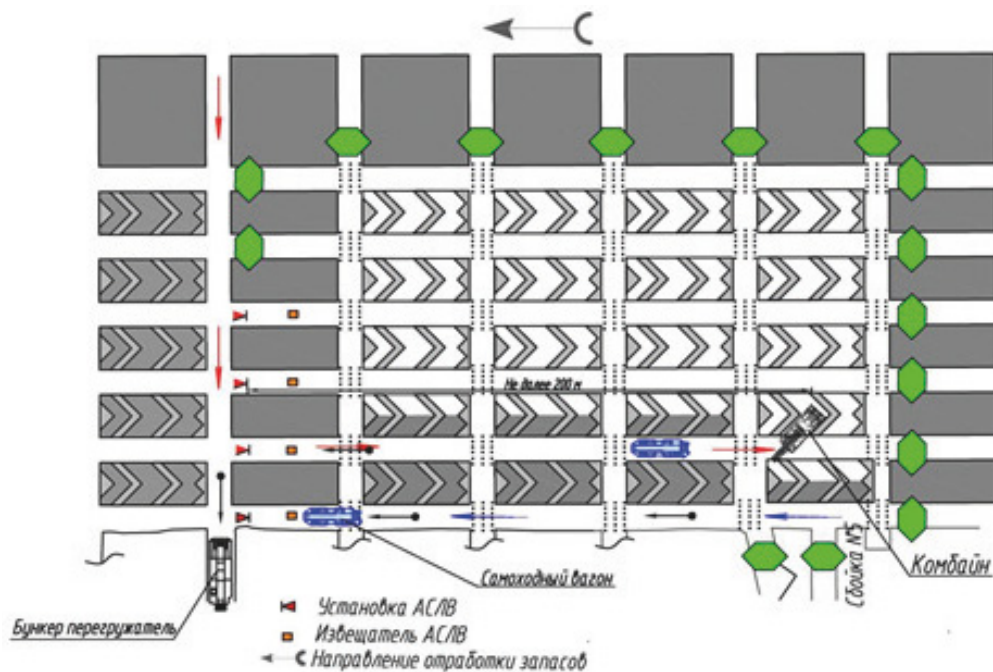


Рисунок 5 – Схема установки АСЛВ при отработке целиков угля

Для изоляции участка КСО

1. Устанавливать автоматические средства локализации взрывов в условиях ООО «УК «Межегейуголь» рекомендуется в устьях всех примыкающих к блокам КСО выработок протяженностью не менее 20 м (на прямолинейных участках), извещатель АСЛВ размещать в 15...20 м от места установки АСЛВ. Уста-

навливать не менее двух АСЛВ. Извещатель одного АСЛВ должен быть направлен в сторону сопряжения с блоком КСО, другого – в сторону сопряжения с бремсбергом, уклоном, квершлагом, штреком (рисунок 6). Инерционность срабатывания АСЛВ должна быть не более 6 мс.



Рисунок 6 – Схема установки АСЛВ при изоляции участка КСО

2. При протяженности выработки, примыкающей к блокам КСО, менее 20 м устанавливать автоматические средства локализации взрывов следует в сопряженных с ней выработках на расстоянии от сопряжения 30...80 м (на прямолинейных участках). Извещатель АСЛВ размещать от места установки АСЛВ на расстояние в соответствии с требуемой инер-

ционностью срабатывания АСЛВ (таблица 9). Устанавливать не менее двух АСЛВ. Извещатель одного АСЛВ должен быть направлен в сторону сопряжения с примыкающей к участку КСО выработкой, другого – в сторону устья бремсберга, уклона, квершлага, штрека (рисунок 7).

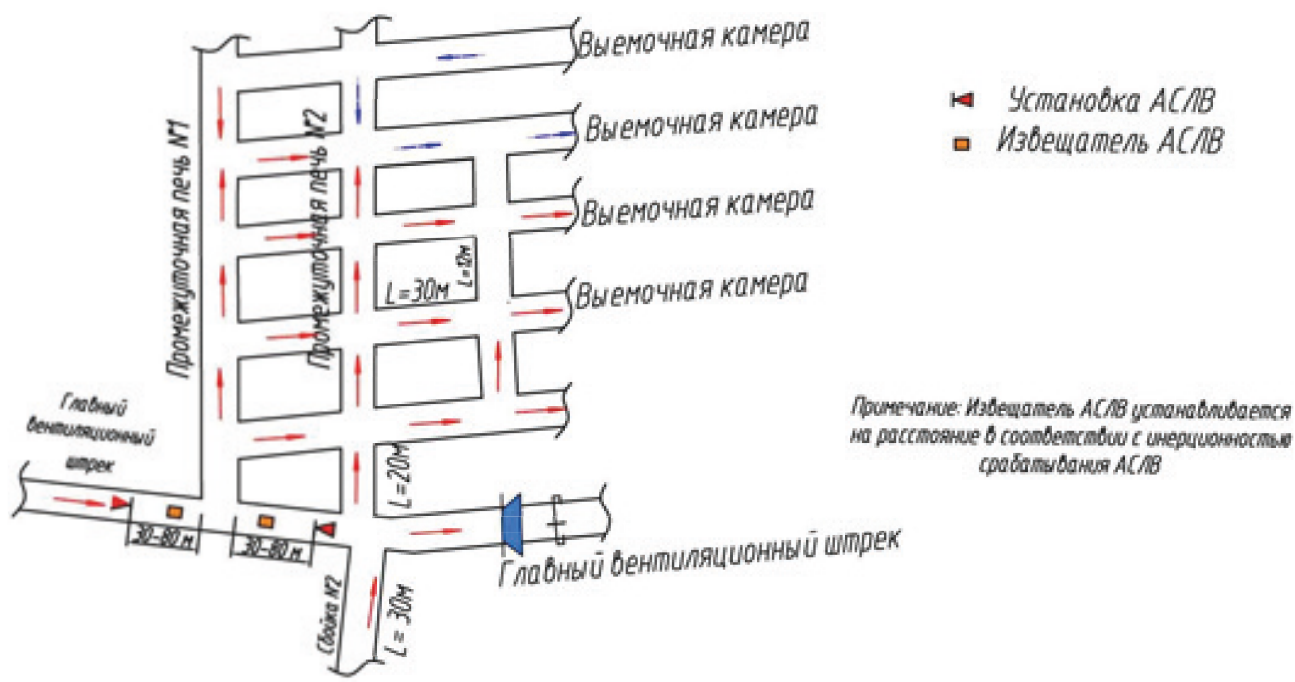


Рисунок 7 – Схема установки АСЛВ при изоляции блоков КСО

ВЫВОД

На основе анализа документации на ведение горных работ, математических расчетов и анализа результатов проведенных испытаний средств локализации взрывов пылегазовоздушных смесей предложены

научные рекомендации и технические решения по размещению АСЛВ в горных выработках при отработке запасов системой КСО в условиях ООО «УК «Межегей-уголь».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности. – Сер. 05. – Вып. 25. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. – 52 с.
2. Бекирбаев Д.С. Борьба с угольной и породной пылью в шахтах / Бекирбаев Д.С., Гродель Г.С. и др. – М: Госгортехиздат, 1959.
3. Лебецки К.А., Романченко С.Б. Пылевая взрывоопасность горного производства. – М.: Изд. «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2012. – 464 с.

D.V. Botvenko

Candidate of Technical Science, laboratory head
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: 642935@rambler.ru

S.I. Goloskokov

Candidate of Technical Science, laboratory head
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: s.goloskokov@nc-vostnii.ru

M.Yu. Koptev

Leading engineer
JSC «NC VostNII», Kemerovo

E.P. Tatarnikov

Design-and-planning engineer
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: Teep-411@mail.ru

AUTOMATIC EQUIPMENT FOR BLAST ISOLATION ON APPLICATION OF ROOM AND PILLAR MINING UNDER OOO «CC «MEZHEGEJUGOL»

The analysis of regulatory documents on the issue of explosions prevention and localization of dust-gas-air mixture in mines is given. Technical solutions to coal reserves processing by pillar-and-room method are considered. The scientifically based recommendations on the placement of blast isolation automatic equipment for safe room and pillar mining are given.

Key words: ROOM AND PILLAR MINING, BARRIER, BLAST ISOLATION AUTOMATIC EQUIPMENT, BLAST ISOLATION, DELAYED ACTION, RESPONSE TIME, BLAST ISOLATION AUTOMATIC EQUIPMENT DETECTOR

REFERENCES

1. Pravila bezopasnosti v ugolnyh shahtah: feder. normy i pravila v obl. prom. bezopasnosti (Safety Rules in the Coal Mines. Federal Norms and Regulations in the Field of Industrial Safety). Ser. 05. Iss. 25. Moscow: ZAO NTC PB, 2013. 52 p.
2. Bekirbaev D.S., Grodel G.S. i dr. Borba s ugolnoj i porodnoj pylju v shahtah (Dust and rock dust prevention in coal mines). Moscow: Gosgortehizdat, 1959.
3. Lebecki K.A., Romanchenko S.B. Pylevaja vzryvoopasnost gornogo proiz-vodstva (Dust explosion hazard of mining). Moscow: Izd. «Gornoe delo» OOO «Kimmerijskij centr», 2012. 464 p.