

УДК [622.868:622.411.3]:[62-543.27.05]-519
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.20.1.004

ПАРАМЕТРЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ГАЗОВОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Агарков А.В.

НИИГД «Респиратор» МЧС ДНР

Аннотация. Представлен обзор параметров усовершенствованной системы дистанционного контроля газовой обстановки при ликвидации пожаров в угольных шахтах, а также ее конструктивных особенностей и методики применения подразделениями горноспасательной службы. Указано, что усовершенствованная система позволяет осуществлять контроль газовой обстановки путем дистанционного отбора проб пожарных газов по высоте и сечению горных выработок на безопасном расстоянии, а также снизить скапливание конденсата в пробоотборном трубопроводе и осушить пробу воздуха с целью достоверного экспресс-анализа ее газовых концентраций.

Ключевые слова: угольная шахта; аварийно-спасательные работы; пожар; газовая обстановка

PARAMETERS OF THE ADVANCED SYSTEM OF REMOTE CONTROL OF THE GAS SITUATION IN THE ELIMINATION OF FIRES IN COAL MINES

Agarkov A.V.

NIIGD «Respirator»

Abstract. An overview of the parameters of the improved system for remote control of the gas situation during the elimination of fires in coal mines, as well as its design features and methods of application by the units of the mine rescue service is presented. It is indicated that the improved system makes it possible to control the gas situation by remote sampling of fire gases along the height and cross-section of mine workings at a safe distance, as well as to reduce the accumulation of condensate in the sampling pipeline and dry the air sample for the purpose of reliable express analysis of its gas concentrations.

Key words: coal mine; rescue operations; fire; gas environment

Интенсивная и слаженная работа угольной отрасли является одним из приоритетных направлений социального и экономического становления и развития многих горнодобывающих стран и государств мира [1; 2]. Однако существенным препятствием на пути к достижению высоких показателей добычи угля являются подземные пожары, при ликвидации которых возникают условия, опасные для жизни горноспасателей [3; 4].

Особую опасность представляют пожары в газообильных угольных шахтах, так как их ликвидация постоянно сопряжена с вероятностью взрыва газозагазованной смеси [5]. С целью обеспечения безопасности подразделениями горноспасательной службы применяется дистанционный контроль газовой обстановки на значительном расстоянии путем отбора проб шахтного воздуха по заранее проложенному трубопроводу с последующим их анализом в газоаналитической лаборатории или непосредственно в шахте с помощью специальных газоаналитических приборов во взрывобезопасном исполнении.

Дистанционный отбор и анализ проб шахтного воздуха также применяется при ликвидации пожаров пассивным (путем изоляции аварийного участка) и комбинированным способами.

Основными данными, по которым можно судить о состоянии пожара (степени его развития или затухания), о вероятности взрыва газовоздушной смеси, при установлении границ заполнения пожарным газом горных выработок для выбора месторасположения подземных баз и определения зон работы горноспасателей без изолирующих дыхательных аппаратов, а также при оценке эффективности принятых мер по проветриванию и инертизации аварийного, в том числе изолированного пожарного, участка, являются результаты анализа проб шахтного воздуха путем определения концентраций метана (СН₄), оксида и диоксида углерода (СО и СО₂), кислорода (О₂), водорода (Н₂), а при необходимости – других газов [5; 6].

На сегодняшний день оборудование для дистанционного контроля газовой обстановки при ликвидации аварий в шахтах широко применяется при ведении горноспасательных работ подразделениями МЧС Российской Федерации. Согласно официальным данным [7], в 2016 году при ликвидации последствий серии взрывов газа и угольной пыли, повлекших за собой пожар, на шахте «Северная» ОАО «Воркутауголь», с целью безопасного контроля газовой обстановки, были проложены линии дистанционного отбора проб шахтного воздуха, которые позволяли проводить анализ газовой обстановки по содержанию горючих и взрывоопасных газов в аварийных выработках.

В 2008 году, при ликвидации пожара путем изоляции аварийного участка (пассивным способом) на шахте им. Ленина ОАО «Мечел», горноспасательные подразделения с помощью дистанционного отбора проб получали информацию о содержании пожарных газов (метана, оксида углерода и других) в шахтной среде аварийного участка [8].

На шахте «Сибиргинская» ОАО «Мечел-Майнинг» в 2011 году, при тушении эндогенного пожара в изолированном участке, с помощью линий дистанционного отбора проб шахтного воздуха горноспасатели оперативно получали информацию о содержании пожарных газов в отработанном пространстве лавы [9].

Однако используемое подразделениями горноспасательной службы МЧС оборудование для дистанционного контроля газовой обстановки при ликвидации пожаров в угольных шахтах имеет ряд существенных недостатков, приведенных в работах [5; 6; 10], следствием которых является невысокая достоверность отобранных проб шахтного воздуха, так как в практике ликвидации пожаров и других аварий имеют место случаи взрывов газовоздушных смесей, в то время как по результатам газового анализа дистанционно отобранных проб смесь была не взрывчатой, а также обратная ситуация, когда по результатам дистанционного контроля газовой обстановки аварийного участка наблюдалась взрывоопасная ситуация, а взрывов не было.

С целью устранения недостатков и согласно приведенным в работе [11] перспективным направлениям и требованиям, в 2020 году НИИГД «Респиратор» разработана усовершенствованная система дистанционного контроля газовой обстановки при ликвидации пожаров в угольных шахтах (далее – УСДКГО), представленная на рис. 1.

Целью настоящей статьи является обзор параметров УСДКГО, а также ее конструктивных особенностей и методики применения подразделениями горноспасательной службы. Настоящая работа имеет непосредственное отношение к диссертационному исследованию автора и выполнена в соответствии с Планом работы НИИГД «Респиратор» на 2020 год.

УСДКГО предназначена для дистанционного контроля газовой обстановки в изолированных и неизолированных аварийных участках угольных шахт. Изготовлена система в климатическом исполнении УХЛ и категории размещения 5 по ГОСТ 15150-69 [12], но для работы при температуре окружающей среды от 278 К (плюс 5 °С) до 313 К (плюс 40 °С) и относительной влажности до 95 % при температуре 308 К (плюс 35 °С).

Основные технические характеристики УСДКГО приведены в табл. 1.

Металлическая труба, монтируемая в изолирующее сооружение при его возведении 3, в соответствии с рис. 1, состоит из двух и более отрезков, в зависимости от толщины возводимого изолирующего сооружения 4. Данная труба предназначена для прокладывания внутри нее пробоотборного трубопровода 6 через тело изолирующего сооружения 4 с целью дистанционного отбора проб шахтного воздуха в изолированном пространстве аварийного участка 1.

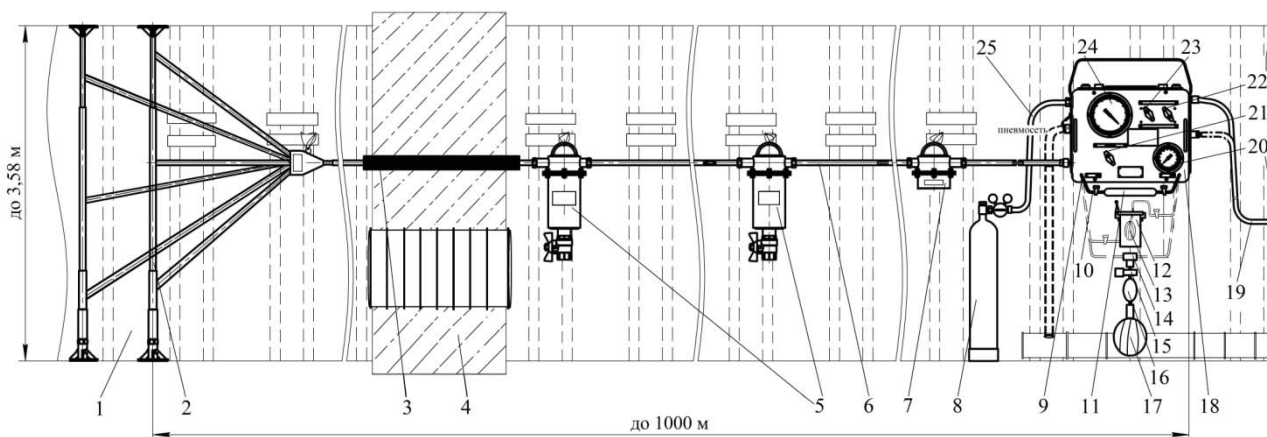


Рис. 1. Общий вид УСДКГО

1 – изолированное пространство аварийного участка; 2 – многоточечный пробоотборник; 3 – металлическая труба, монтируемая в изолирующее сооружение при его возведении; 4 – изолирующее сооружение; 5 – фильтры-влажнители (основной и дополнительный); 6 – пробоотборный трубопровод; 7 – фильтр-осушитель; 8 – баллон (с редуктором) со сжатым воздухом; 9 – штуцеры «Проба»; 10 – соединительные трубки с зажимами Мора; 11 – сосуд для отбора проб воздуха; 12 – буферный резервуар для набора пробы воздуха в камеру (пробонаборное устройство); 13, 17 – камеры для отбора проб воздуха; 14 – Т-образный соединительный тройник; 15 – кран шаровой; 16 – груша резиновая от шахтного интерферометра типа ШИ (ручной насос); 18 – установка эжекторная УЭ-1М; 19 – отводной трубопровод для сброса воздуха в окружающую среду; 20 – манометр; 21, 22, 23 – краны выбора режимов работы и питания; 24 – вакуумметр; 25 – трубопровод соединительный

Таблица 1. Основные технические характеристики УСДКГО

№	Наименование показателя	Значение показателя
1.	Питание установки эжекторной УЭ-1М1) осуществляется сжатым воздухом от: – баллона с редуцированным давлением, кПа – пневмосети с давлением, кПа	1500 ± 100 400 ± 100
2.	Максимальная дальность2) отбора проб воздуха, м	1000
3.	Время откачивания2) пробы воздуха при длине пробоотборного трубопровода 1000 м с наружным номинальным диаметром 16 мм, мин	15
4.	Время набора пробы воздуха в сосуд (газовую пипетку) или камеру, мин, не более	2,5
5.	Время непрерывной работы от баллона (с редуктором) со сжатым воздухом, емкостью 40 л, ч, не менее	8
6.	Масса, кг: – многоточечного пробоотборника – фильтра-влажнителя – фильтра-осушителя – установки эжекторной УЭ-1М	11,000 1,095 0,845 8,000
7	размеры, мм: – многоточечного пробоотборника: – стойки – коллектора – трубки – фильтра-влажнителя – фильтра-осушителя – установки эжекторной УЭ-1М	3580×100×100 255×110×90 3000×16 157×230×80 154×135×80 375×265×165

1) Питание установки эжекторной УЭ-1М может осуществляться от отдельного насоса (побудителя расхода), в качестве которого может быть использован вакуумный насос ВН-461М с пневматическим или электрическим двигателем в рудничном взрывобезопасном исполнении или его аналог (не входят в состав УСДКГО).

2) Указана максимальная дальность отбора и время откачивания воздуха при питании установки эжекторной УЭ-1М от баллона со сжатым воздухом или от пневмосети. При питании установки эжекторной УЭ-1М от отдельного насоса максимальная дальность отбора проб воздуха может быть увеличена, а время откачивания проб – сокращено.

Установка эжекторная УЭ-1М предназначена для создания в пробоотборном тракте рабочего разрежения и коммутирования газовых линий. Пробоотборный трубопровод предназначен для откачивания пробы шахтного воздуха на значительное расстояние без изменения ее газового состава. В качестве трубопровода используется комплект бухт трубы напорной из полиэтилена по ГОСТ 18599-2001 [13] или трубы напорной из непластифицированного поливинилхлорида по ГОСТ Р 51613-2000 [14] с наружным диаметром от 12 до 16 мм и толщиной стенки 2 мм. Бухты трубы соединяются с помощью штуцеров с последующим закреплением концов хомутами или с помощью компрессионных фитингов, и прикрепляются к элементам крепи горных выработок шахты при помощи мягкой проволоки.

Время откачивания проб воздуха путем продувки трубопровода с наружным диаметром 16 мм в зависимости от его длины приведено в табл. 2.

Таблица 2. Время откачивания проб воздуха путем продувки трубопровода с наружным диаметром 16 мм в зависимости от его длины

Зависимость времени откачивания пробы воздуха от длины трубопровода										
Длина трубопровода, м	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Время откачивания проб шахтного воздуха, мин	1	2	3	4	6	7	9	12	13	15

Многоточечный пробоотборник, в соответствии с рис. 2, состоит из: коллектора 3 с шестью выходами (штуцерами) под трубки 1 из непластифицированного поливинилхлорида с наружным диаметром 16 мм по ГОСТ Р 51613 [14] и одним выходом (штуцером) на общую магистраль пробоотборного трубопровода, а также включает две стойки 4, телескопический распор (рабочая высота раздвижки) которых составляет от 1,5 до 3,58 м, соединительные элементы (хомуты) 2, крепежные элементы (винты, гайки, шайбы) и держатели для трубок 5. С целью надежного крепления трубок 1 на стойках 4 с держателями 5 следует использовать стяжки.

Многоточечный пробоотборник надежно устанавливают в горной выработке, независимо от вида крепи, угла наклона выработки, ее состояния и прочих факторов, при этом каждая телескопическая стойка имеет нижний длинноходовой винт для надежной фиксации [15].

Фильтры-влагоотделители (ГОСТ 17437-81 [16]) в соответствии с рис. 3, устанавливаемые между бухтами пробоотборного трубопровода, и фильтр-осушитель, в соответствии с рис. 4, устанавливаемый в месте подсоединения установки эжекторной УЭ-1М к пробоотборному трубопроводу, предназначены для снижения содержания влаги в шахтном воздухе, прокачиваемом по пробоотборному трубопроводу и осушения пробы воздуха перед попаданием в емкость для отбора. В качестве влагопоглотителя в фильтре-осушителе используется силикагель технический (гранулированный мелкопористый КСМГ, высший сорт) по ГОСТ 3956-76 [17].

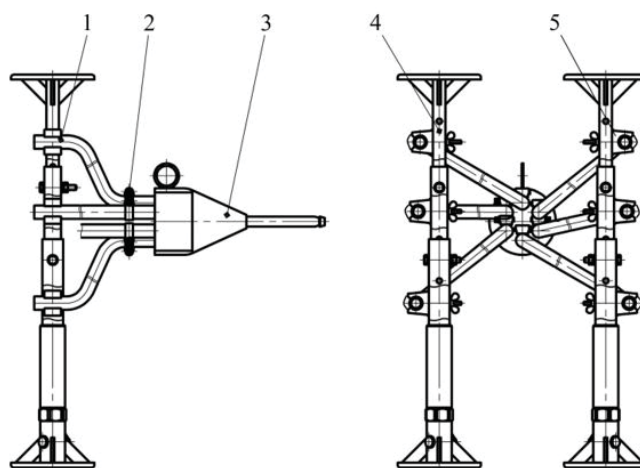


Рис. 2. Многоточечный пробоотборник

1 – трубка; 2 – соединительные элементы (хомуты); 3 – коллектор; 4 – стойка; 5 – держатель для трубки

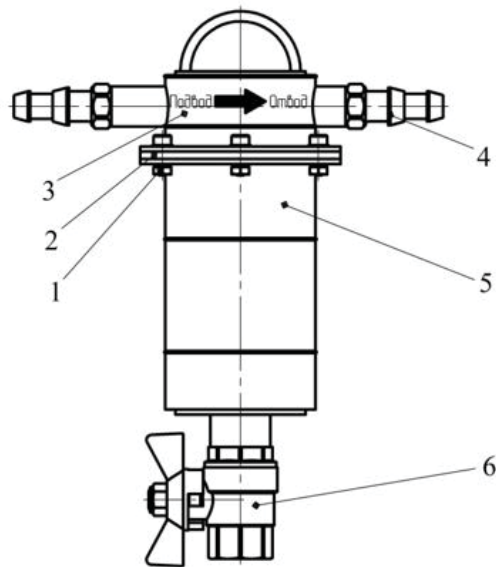


Рис. 3. Фильтр-влагоотделитель

1 – соединительные элементы; 2 – прокладка; 3 – табличка; 4 – штуцер; 5 – корпус; 6 – кран шаровой

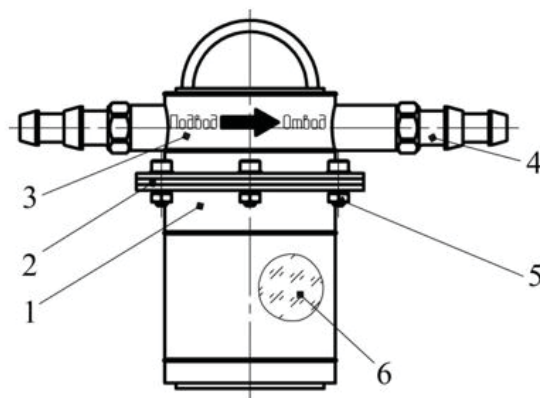


Рис. 4. Фильтр-осушитель

1 – корпус; 2 – прокладка; 3 – табличка; 4 – штуцер; 5 – соединительные элементы; 6 – силикагель технический

Основной фильтр-влагоотделитель 5, в соответствии с рис. 1, следует устанавливать перед изолирующим сооружением 4 при его возведении в месте соединения бухт пробоотборного трубопровода 6. Дополнительный фильтр-влагоотделитель 5 следует устанавливать в случае прокладки протяженной магистрали пробоотборного трубопровода 6 в месте соединения отдельных бухт, расположенном в наиболее низкой точке (например, в месте значительного перепада температур на небольших длинах или месте переходов – на границе из горизонтальной выработки в наклонную) и в других местах.

Трубопровод соединительный 25, в соответствии с рис. 1, представляет собой рукав резиноканевый для сжатого воздуха, длиной 2 м с внутренним диаметром 12 мм по ГОСТ ISO 2398-2014 [18], предназначенный для подсоединения установки эжекторной УЭ-1М 18 к источнику питания (пневмосеть, баллон (с редуктором) со сжатым воздухом 8, вакуумный насос).

Отводной трубопровод для сброса воздуха в окружающую среду 19 (рис. 1) представляет собой трубку резиновую техническую по ГОСТ 5496-78 [19], длиной 10 м с внутренним номинальным диаметром 12 мм и толщиной стенки 2 мм, и предназначен для сброса воздуха за пределы расположения обслуживающего персонала (вне зоны работы людей) с целью предотвращения отравления ядовитыми газами, которые могут содержаться в откачиваемом шахтном воздухе.

Баллон (с редуктором) со сжатым воздухом обеспечивает автономное питание установки эжекторной УЭ-1М и создание избыточного давления в пробоотборном трубопроводе при проверке его на герметичность.

Емкостями, предназначенными для отбора, перевозки и хранения проб шахтного воздуха, а также приспособлениями для отбора проб являются:

- сосуд для отбора проб шахтного воздуха (газовая пипетка), в соответствии с ГОСТ 18954-73 [20];
- камера для отбора проб шахтного воздуха;
- приспособление для набора пробы шахтного воздуха в камеру без буферного резервуара (пробонаборного устройства), состоящее из Т-образного соединительного тройника, крана шарового и груши резиновой от шахтного интерферометра типа ШИ (ручного насоса);
- буферный резервуар для набора пробы шахтного воздуха в камеру (пробонаборное устройство).

Методика применения УСДКГО в шахте заключается в следующем В месте предполагаемого отбора проб шахтного воздуха монтируют многоточечный пробоотборник, соединяют его с пробоотборным трубопроводом, который прокладывают по горной выработке (выработкам) до места возведения изолирующего сооружения и пропускают его внутри трубы, монтируемой в изолирующее сооружение (свободное пространство между трубой, монтируемой в изолирующее сооружение, и проложенным внутри нее пробоотборным трубопроводом, для обеспечения герметичности изолированного пространства аварийного участка, герметизируют гипсовым или глиняным раствором, избегая пережатий пробоотборного трубопровода).

Поочередно соединяя все бухты пробоотборного трубопровода, горноспасатели прокладывают его по горным выработкам от изолирующего сооружения (перемычки) до места монтажа установки эжекторной УЭ-1М. При прокладке по горным выработкам пробоотборный трубопровод подвешивается к элементам крепи (хомутам, сетке-затяжке) через каждые 10...15 м на высоте 1...1,5 м от почвы выработки при помощи мягкой проволоки, что обеспечивает надежное крепление пробоотборного трубопровода, избегая его пережатий, скручиваний, значительных провисаний и резких изгибов. После прокладки, пробоотборный трубопровод должен проверяться на герметичность.

Между бухтами пробоотборного трубопровода устанавливают фильтры-влажнители и фильтр-осушитель. Основной фильтр-влажнитель устанавливают перед изолирующим сооружением при его возведении в месте наибольшего перепада температур. Дополнительный фильтр-влажнитель устанавливают в случае прокладки протяженной магистрали пробоотборного трубопровода в месте соединения отдельных бухт, расположенном в наиболее низкой точке (в месте перехода – на границе из горизонтальной выработки в наклонную) и в других местах. Фильтр-осушитель устанавливается при подсоединении последней бухты пробоотборного трубопровода к установке эжекторной УЭ-1М.

Установку эжекторную УЭ-1М закрепляют к элементам крепи горной выработки, подсоединяют к источнику питания, а также надевают на отводной штуцер отводной трубопровод, длиной не менее 10 м, для сброса воздуха в окружающую среду (во избежание отравления горноспасателей и шахтеров вредными газами).

После осуществляют продувку пробоотборного трубопровода, отбирают пробы в сосуды (газовые пипетки) или камеры для отбора проб шахтного воздуха. В случае необходимости газового анализа проб шахтного воздуха экспресс-методом непосредственно в шахте используют хроматограф «Поиск-2», интерферометры шахтные типа ШИ и другие газоаналитические приборы в рудничном взрывобезопасном исполнении.

Газовый анализ проб воздуха, отобранных в сосуды или камеры, осуществляется в специализированных газоаналитических лабораториях подразделений горноспасательной службы с использованием газоанализаторов «Сигма-СО-602», объемно-оптических газоанализаторов «ООГ-2», газовых хроматографов «Хроматэк-Кристалл 5000» и др.

Демонтаж системы осуществляют в обратном порядке. Все составные части УСДКГО, как правило, после использования, выдают на поверхность.

УСДКГО на сегодняшний день не имеет аналогов и позволяет осуществлять дистанционный отбор проб шахтного воздуха по высоте и сечению горных выработок, снизить содержание влаги в шахтном воздухе, прокачиваемом по пробоотборному трубопроводу, осушить пробу шахтного воздуха перед ее попаданием в емкость для отбора проб и др.

На рис. 5, 6, 7 представлены фотографии составных частей УСДКГО.



Рис. 5. Многоточечный пробоотборник

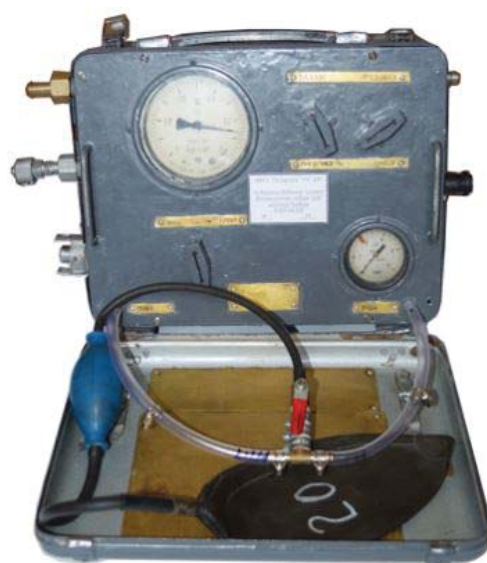


Рис. 6. Установка эжекторная УЭ-1М с приспособлением для набора пробы шахтного воздуха в камеру



Рис. 7. Фильтры-влажнотделители и фильтр-осушитель

Таким образом, в настоящей работе представлены основные параметры УСДКГО при ликвидации пожаров в угольных шахтах подразделениями горноспасательной службы, а также технические характеристики данной системы, ее конструктивные особенности и методика применения в шахте.

Внедрение УСДКГО в подразделения горноспасательной службы МЧС направлено на повышение достоверности контроля газовой обстановки при ликвидации пожаров с целью повышения безопасности горноспасателей и эффективности ведения аварийно-спасательных работ в шахтах, что позволит получить социальный и экономический эффекты.

Литература

1. Плаkitкина Л.С. Анализ и перспективы развития угольной промышленности основных стран мира, бывшего СССР и России в период до 2030 г.: монография. М.: Горная промышленность, 2013. 416 с.
2. Плаkitкина Л.С., Плаkitкин Ю.А., Дьяченко К.И. Мировые тенденции развития угольной отрасли // Журнал «Горная Промышленность». 2019. № 1 (143). С. 24–29.
3. Федоренко Е.И., Кобылкин С.С. Проблема подземных пожаров и их тушение на больших глубинах в угольных шахтах // Горный информационно-аналитический бюллетень: науч.-техн. журн. 2011. № 8. С. 197–207.
4. Соболев Г.Г. Организация и ведение горноспасательных работ в шахтах: 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1988. 280 с.
5. Agarkov A. Analysis of the emergency at the mining enterprises and evaluation of the method of remote selection of samples of mine air when conducting mine-rescue work // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 2 (3). С. 10–20.
6. Мамаев В.В., Агарков А.В. Способы и технические средства дистанционного контроля шахтной среды при ведении аварийно-спасательных работ // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 3 (4). С. 109–119.
7. Горноспасатели проложили к аварийному участку шахты «Северная» линию дистанционного отбора проб воздуха. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/1426212> (дата обращения: 01.12.2020).
8. Горноспасатели изолируют аварийный участок на шахте Ленина в Кузбассе. URL: <https://regnum.ru/news/accidents/1034554.html> (дата обращения: 01.12.2020).
9. «Мечел» приостановил работу шахты «Сибиргинская». URL: <https://www.forbes.ru/news/69336-mechel-priostanovil-rabotu-shahty-sibirginskaya> (дата обращения: 01.12.2020).
10. Agarkov A. Analysis of foreign scientific works on development of technical means for remote gas sampling in coal mines // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 1 (5). С. 18–25.
11. Агарков А.В. Об исходных требованиях к усовершенствованной системе дистанционного отбора проб шахтного воздуха при ведении аварийно-спасательных работ // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2 (6). С. 15–23.
12. ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».
13. ГОСТ 18599-2001 «Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия».
14. ГОСТ Р 51613-2000 «Трубы напорные из непластифицированного поливинилхлорида. Технические условия».
15. Мамаев В.В., Агарков А.В. Многоточечный пробоотборник пожарных газов при ведении аварийно-спасательных работ на горнодобывающих предприятиях // Проблемы управления рисками в техносфере: научно-аналитический журнал. 2020. № 3 (55). С. 35–40.
16. ГОСТ 17437-81 «Фильтры-влажнители воздушные. Технические условия».
17. ГОСТ 3956-76 «Силикагель технический. Технические условия».
18. ГОСТ ISO 2398-2014 «Рукава резиноканевые для сжатого воздуха. Технические требования».
19. ГОСТ 5496-78 «Трубки резиновые технические. Технические условия».
20. ГОСТ 18954-73 «Прибор и пипетки стеклянные для отбора и хранения проб газа. Технические условия».