

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ С БЕСПРОВОДНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

AUTOMATED FIRE PROTECTION SYSTEM PROTECTION OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS WITH A WIRELESS INTERFACE

**A. Fedorov
A. Aleshkov
E. Kolesnikova**

Summary. Introduction. The great need for mineral resources has historically led to the creation of one of the most important sectors for the development of economies — the mining industry. As the volume of mining operations increases, so does the number of accidents in the mining industry. The results presented in the article are the initial stage of a detailed study of the structure of an automated fire protection system for underground mines with a wireless interface.

Targets and goals. The purpose of creating fire protection systems for mining facilities is to protect people and property from the effects of hazardous fire factors and (or) limit the consequences of exposure to hazardous fire factors. Achievement of this goal is ensured in one or more of the following ways:

installation of systems for continuous automatic (automated) control of pre-explosive concentrations of dust-air mixtures in the production zones of mining facilities using industrial atomizers;

installation of systems for continuous automatic (automated) control of pre-explosive concentrations of methane-air mixtures in the production zones of mining facilities;

arrangement of fire detection systems (installations and fire alarm systems), warning and evacuation control in case of fire;

the use of automatic and (or) autonomous fire extinguishing installations;

organization of the activities of fire departments.

Methods. To build an automated fire protection system (AFS), the methods of system analysis, modeling and a formalized description of the structure of the complex of hardware AFS were used.

Федоров Андрей Владимирович

*Д.т.н., профессор, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; г. Москва
fedorov-ppa@yandex.ru*

Алешков Александр Михайлович

К.т.н., старший преподаватель, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, г. Москва

alexander-akfire@yandex.ru

Колесникова Елена Геннадьевна

*Академия Государственной противопожарной службы МЧС России; г. Москва
elena.kolesnikova97@mail.ru*

Аннотация. Введение. Большая потребность в минерально-сырьевых ресурсах исторически привела к созданию одной из важных отраслей для развития экономик — горнорудной промышленности. С увеличением объема добычи полезных ископаемых растет также и число аварий на предприятиях горнодобывающей промышленности. Представленные в статье результаты являются начальным этапом детального исследования структуры автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников с беспроводным интерфейсом.

Цели и задачи. Целью создания систем противопожарной защиты объектов рудничной промышленности является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара. Достижение указанной цели обеспечивается одним или несколькими из следующих способов:

- устройство систем непрерывного автоматического (автоматизированного) контроля до- взрывоопасных концентраций пылевоздушных смесей в производственных зонах объектов рудничной промышленности с применением промышленных атомизеров;
- устройство систем непрерывного автоматического (автоматизированного) контроля до- взрывоопасных концентраций метановоздушных смесей в производственных зонах объектов рудничной промышленности;
- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Методы. Для построения автоматизированной системы противопожарной защиты (АСПЗ) использовались методы системного анализа, моделирования и формализованного описания структуры комплекса технических средств АСПЗ.

Results and its discussion. A diagram of the structure of a complex of technical means and algorithms is proposed, and a description of the technical support of the ATPZ of the mining industry facilities is compiled. It is recommended to create the system as a three-level APPS with a hierarchical structure that implements at the lower control level the functions of the local automation of the subsystems for the control of the WOC zones of dust and explosive gases, fire alarms, automatic fire extinguishing, and at the upper level — the functions of the SHMFSB.

Conclusions. Thus, the proposed new technical solutions, the structure of a complex of technical means and algorithms for the functioning of an automated fire protection system for underground mines with a wireless interface, which performs the functions of explosion, fire and emergency protection of hazardous production facilities with difficult operating conditions will significantly increase the level of industrial and fire safety of underground mine workings of mines, mines and their surface structures.

Keywords: automated fire protection system, underground mines, radio channel, fire detectors, receiving and control device, fire safety, explosion protection, gas analyzers, dust meters, atomizers.

Введение

Объекты рудной промышленности одновременно являются одними из главных источников пожаровзрывоопасности и напряженной технологической обстановки, представляют опасность для горняков из-за рисков взрыва метана и угольной пыли, горных ударов и самовозгорания пластов. Особенно опасны пожары на горных предприятиях, добывающих горючие полезные ископаемые. Существенно осложняется тушение пожаров на угольных шахтах из-за возможности образования взрывоопасных концентраций выделяющихся горючих газов, угольной пыли [1], [2].

Промышленная безопасность на опасных производственных объектах регламентируется Ф3-116 [9]. Однако, данный закон устанавливает только общие требования. Специфические требования к промышленной безопасности в данной отрасли регламентируются Приказом Ростехнадзора № 599 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности» [10]. Современные информационные технологии стали важным фактором и средством повышения эффективности управления технологическими процессами и производствами с обеспечением высокого уровня промышленной и пожарной безопасности. Данное обстоятельство обуславливает необходимость отбора и анализа применения и внедрения различных

Результаты и их обсуждение. Предложена схема структуры комплекса технических средств и алгоритмы, и составлено описание технического обеспечения АСПЗ объектов рудничной промышленности. Систему рекомендовано создавать как трехуровневую АСПЗ с иерархической структурой, реализующей на нижнем уровне управления функции локальной автоматизации подсистем контроля зон ВОК пылей и взрывоопасных газов, пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, а на верхнем — функции ШМФСБ.

Выводы. Таким образом, предлагаемые новые технические решения, структура комплекса технических средств и алгоритмы функционирования автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников с беспроводным интерфейсом, выполняющая функции противовзрывной, противопожарной и противоаварийной защиты опасных производственных объектов со сложными условиями эксплуатации позволяют значительно повысить уровень промышленной и пожарной безопасности подземных горных выработок рудников, шахт и их наземных строений.

Ключевые слова: автоматизированная система противопожарной защиты, подземные рудники, радиоканал, извещатели пожарные, прибор приёмно-контрольный, пожарная безопасность, взрывозащита, газоанализаторы, пылемеры, атомизеры.

аспектов практического использования интегрированных информационных систем в автоматизированное управление системой автоматической противопожарной защиты с беспроводным интерфейсом на объектах рудной промышленности. Данная система избавляет от прокладки проводов, кабелей пожарных шлейфов, так как часто это бывает не всегда удобно и требует немалых затрат. Эффективна в применении, потому как на объектах рудной промышленности возможны перебои с электричеством.

Компоненты автоматизированной системы противопожарной защиты (АСПЗ) должны иметь рудничное взрывобезопасное исполнение, в соответствии с ТР ТС012/2011 обеспечиваться электроснабжением I категории надёжности, с аккумуляторной поддержкой до 32 ч, не отключаться при любом уровне загазованности и запыленности подземных выработок взрывоопасными (токсичными) газами и пылями. АСПЗ может быть интегрирована как подсистема «Шахтной многофункциональной системы безопасности (МФСБ)». Блочнo-модульная структура АСПЗ рудников и шахт представлена на рис. 1.

Функционирование АСПЗ предлагается осуществлять на трех уровнях, обеспечивающих отказоустойчивость системы и решающих как обособленные, так и общесистемные задачи.



Рис. 1. Структурная схема комплекса технических средств автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников (АСПЗР) с беспроводным интерфейсом:

- АСОДУ — автоматизированная система дистанционного управления;
- ШМФСБ — шахтная многофункциональная система безопасности;
- ППКУП — пульт приёмно-контрольный и управления пожарный;
- МУПТВ — модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой;
- МПП — модуль порошкового пожаротушения; ИИП — интегрированный источник питания; УДП — устройство дистанционного пуска; ИП — извещатель пожарный; ОСЗ — оповещатель светозвуковой; ОС — оповещатель световой

Нижний уровень — уровень подземной защищаемой камеры (помещения)

В качестве базового устройства нижнего уровня АСПЗ предлагается использовать шкаф прибора приемно-контрольного и управления пожарного ППКУП. Шкаф прибора ППКУП (РО АСПЗ) обеспечивает следующие функции: приём и передачу сигналов и команд управления техническим устройствам посредством беспроводного интерфейса IEEE802.15.4, дискретных сигналов и интерфейсных линий связи RS-485; локального автоматического управления оборудованием АСПЗ в реальном масштабе времени; управление оповещением и пожаротушением; диагностики тех-

нических средств АСПЗ; передачи извещений о пожаре, неисправности, авариях линий связи (основных/резервных) в СПИ АСПЗ, а также прием сигналов телеуправления по различным интерфейсам взаимодействия (в том числе контроль до- взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей).

Уровень ППКУП обеспечивает 3 режима функционирования системы (табл. 1).

Технические средства АСПЗ: извещатели пожарные тепловые, извещатели пожарные пламени, веб-видеокамеры, датчики приближения, светозвуковые оповещатели обеспечивают:

Таблица 1. Режимы функционирования АСПЗ

Режим «Дежурный»	Контроль состояния компонентов системы
Режим «Внимание»	Перевод всех радиоустройств в режим постоянной прослушки с запретом перехода в «сон». Иницируется первым выдавшим тревогу газоанализатором-сигнализатором либо пылемером в составе ШМФСБ Иницируется первым выдавшим тревогу извещателем пожарным либо детектором пламени
Режим «Пожар»	Выдача управляющей команды на модули пожаротушения. Иницируется извещатель пожарный тепловой (ип), извещатель пожарный ручной радиоканальный рудничный осововзрывобезопасный (ип 513-1-в), устройство дистанционного пуска радиоканальное рудничное осововзрывобезопасное (удп 513-1-в), с арм диспетчера

- ◆ обнаружение очагов возгорания (в том числе на ранних стадиях);
- ◆ анализ видеоизображения на предмет определения признаков пламени;
- ◆ контроль за температурой воздуха в защищаемых помещениях;
- ◆ контроль доступа в помещения.

Извещатели пожарные автоматические (ИПТ, ИПП), ручные (ИПР), устройства дистанционного пуска (УДП), предлагается использовать для передачи извещений о пожаре и формирования стартового импульса на запуск исполнительных устройств системы оповещения и пожаротушения: оповещателей пожарных световых и звуковых, модулей порошкового пожаротушения (МПП), модулей пожаротушения тонкораспыленной водой (МУПТВ).

Анализ пожарной опасности технологического процесса рудничной промышленности подтверждает необходимость непрерывного автоматического (автоматизированного) контроля до- взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей в производственных зонах.

Учитывая результаты анализа пожарной опасности и особенностей технологического процесса, а также результаты анализа технических возможностей и характеристик современной приборной техники для контроля концентрации газов и пылей в составе АСПЗ объектов рудной промышленности рекомендуются к применению газоанализаторы и пылемеры в рудничном взрывобезопасном исполнении. Для снижения пылевыделения в процессе горных выработок рекомендовано применение систем контроля и поддержания регламентных значений концентрации метана и угольной пыли в воздухе рабочей зоны- автоматизированных промышленных атомайзеров.

Увлажнители распылительного типа (атомайзеры) используются только в промышленности на крупных предприятиях. Принцип действия атомайзеров основан на распылении мелкодисперсной водяной взвеси, кап-

ли которой имеют диаметр 5–8 мкм. Полный переход капель в парообразное состояние происходит на расстоянии нескольких десятков сантиметров от сопла форсунки. Атомайзеры обладают высокой производительностью — от 60 до 230 л/ч и имеют автоматический и автоматизированный режим эксплуатации.

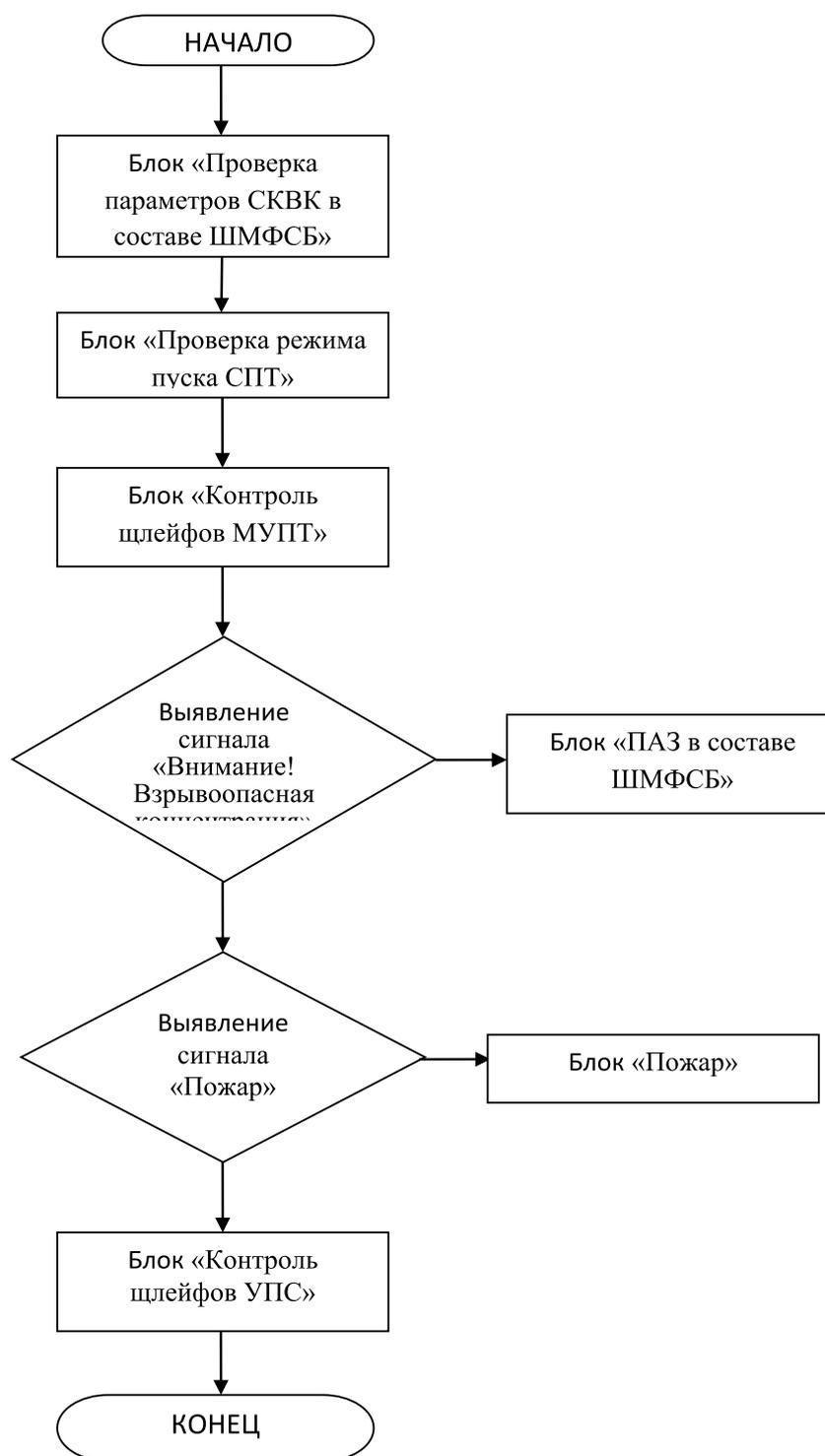
Одним из мировых лидеров рынка, занятых производством промышленных увлажнителей и управляющих ими контроллеров, является фирма CAREL, Италия. Увлажнители CAREL могут комплектоваться в зависимости от требований заказчика различными индивидуальными и универсальными контроллерами, датчиками и сетевыми системами управления.

Применение на объектах рудничной промышленности комплекса технических средств на основе рекомендованных приборов контроля взрывопожароопасных концентраций газовоздушных, пылевоздушных смесей и атомайзеров как отдельно выделенных систем, так и в составе АСПЗ позволит значительно повысить уровень пожаровзрывобезопасности защищаемых объектов.

Алгоритм блока задач нижнего уровня управления АСПЗ представлен на рис. 2.

Средний уровень — уровень централизации оборудования противопожарной защиты объекта и интеграции с АСОДУ рудника (МФСБ шахты)

Средний уровень АСПЗ предназначен для приема извещений от приемно-контрольных приборов, приборов управления или других технических средств производственной и пожарной автоматики объекта различных производителей и конфигураций, передачи полученной информации по каналу связи напрямую или через ретранслятор в пункт централизованного наблюдения или в помещение с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, а также для приема команд телеуправления.



СКВК- система контроля взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей;
 ШМФСБ – шахтная многофункциональная система безопасности;
 СПТ - система пожаротушения;
 МУПТ - модульная установка пожаротушения;
 ПАЗ- противоаварийная защита
 УПС – установка пожарной сигнализации;

Рис. 2. Алгоритм блока задач нижнего уровня управления АСПЗ

Данный уровень представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для централизованного оперативного диспетчерского контроля и управления АСПЗ, обработки, архивирования, хранение получаемых от него данных, вывод оперативной информации на мониторы АРМов входящих в состав приборов пожарных: АРМ ППКУП (РО АСПЗ), АРМ ПОО АСПЗ, а также дополнительных АРМ Горного диспетчера, АРМ видеонаблюдения, имеющих возможность подключения к системе передачи извещений о пожаре (СПИ).

Реализация данного уровня АСПЗ предусматривается на основе комплекса технических средств: прибор объектовый оконечный — ПОО АСПЗ, имеющий в своем составе шкафы основные ПОО-ШО (устанавливаемые на поверхности и являющиеся связанным взрывозащищенным оборудованием) и шкафы связи ПОО-ШС (устанавливаемые в подземных горных выработках, в том числе опасных по газу и пыли), а также системное, прикладное и специальное программное обеспечение.

При этом АРМ Горного диспетчера является специальным программно-аппаратным средством, предусмотренным для выполнения интеграционных мероприятий с существующими «Автоматизированными системами оперативного диспетчерского управления» (АСОДУ) рудника или «Шахтными многофункциональными системами безопасности» (МФСБ), в части передачи извещений о наличии до- взрывоопасных концентраций метановоздушных и пылевоздушных смесей, о пожаре, а также других служебных и контрольно-диагностических извещений АСПЗ. Программная реализация АРМ Горного диспетчера предусматривается с использованием системы SCADA различных производителей, используемых на рудниках и шахтах.

В качестве специального программного обеспечения (ПО) для интеллектуальной обработки, архивирования и отображения видеоданных распределенных систем охранного видеонаблюдения на основе IP-видеокамер предлагается использовать продукт Macroscop Ultra. ПО Macroscop Ultra (версии 1.8), предусматривается для решения задач, связанных с видеонаблюдением, благодаря наличию системы подключаемых интеллектуальных модулей и возможности интеграции с внешними системами охраны и диспетчеризации. Одним из таких модулей является «Детектор дыма и огня». Модуль позволяет обнаружить в кадре признаки задымления и открытого пламени. Модуль будет работать только на тех камерах, в настройках которых администратором системы включена его поддержка. Для включения отображения информации о задымлении и/или возгорании в контекстном меню ячейки необходимо выбрать пункт «Показывать задымления и/или «Пока-

зывать возгорания», после чего при просмотре камеры в режиме реального времени, в случае обнаружения задымления или возгорания, соответствующая область кадра будет выделена КРАСНОЙ рамкой с надписью «Возможно задымление» либо «Возможно возгорание».

Кроме дополнительной функции контроля возгораний и задымления по анализу видеоизображения, контрольно-диагностические сигналы обработки таких тревожных извещений отсылаются видеосистемой в АРМ ППКУП. В АРМ ППКУП, при повторении указанных извещений с перезапросом, через настраиваемый промежуток времени, осуществляется приведение всех радиоустройств АСПЗ в режим «готовности» (без энергосберегающего режима «сна» радиоустройств), что повышает скорость реакции системы на извещение «Внимание», «Пожар 2», «Пуск».

Верхний уровень — уровень пункта централизованного наблюдения

Верхний уровень АСПЗ предлагается формировать на основе прибора пультового оконечных ППО АСПЗ (ППО-Ш, АРМ ППО) который предназначен для приема извещений от приборов объектовых оконечных ПОО АСПЗ, их преобразования, регистрации, хранения и отображения посредством световой индикации и звуковой сигнализации в пункте централизованного наблюдения или в помещениях с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, а также для обратной передачи на приборы объектовые оконечные команд телеуправления.

Данный уровень представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для размещения в пункте централизованного наблюдения — ПЦН, имеющий функции передачи тревожных и контрольно-диагностических извещений, а также возможность управления оборудованием противопожарной защиты объектов, входящих в комплекс АСПЗ.

Соединение локальных комплексов нижнего уровня управления, терминалов абонентских пунктов между собой и с ЭВМ верхнего уровня предлагается осуществлять, используя кольцевую оптико-волоконную структуру вычислительной сети с целью создания гибкой системы с повышенной надежностью и позволяющей производить техническое обслуживание, ремонт и подключение новых устройств без ее остановки.

Необходимость проведения работ по созданию многоуровневой структуры АСПЗ, включая компоненты СПИ АСПЗ (ППО-Ш, АРМ ППО, ПОО-ШО, ПОО-ШС, АРМ ПОО, АРМ ГД, АРМ ВН), ППКУП, извещатели, оповещатели, другие технические средства определяется

в зависимости от количества защищаемых подземных камер, направлений, зон (объектов на поверхности), конфигурации оборудования АСПЗ, организации линий связи и каналов передачи информации, организационной структуры подразделений пожарной безопасности, промышленной безопасности, спасательных сил предприятия [4–6]. Данные положения уточняются при составлении задания на проектирование или техническом задании на комплексную реализацию АСПЗ.

Выводы

Учитывая результаты анализа пожарной опасности и особенностей технологического процесса объектов рудничной промышленности, а также результаты анализа технических возможностей и характеристик современных приборов для контроля концентрации взрывопожароопасных газов и пылей в составе АСПЗ, произведен выбор и рекомендованы к использованию газоанализаторы типа АКМР-М (стационарный автоматизированный комплекс АКМР-М предназначен для непрерывного автоматического контроля рудничной атмосферы на предприятиях горнодобывающей промышленности) и пылемеры типа ИКВЧ (с). Для снижения пылевыделения в процессе производства обосновано выбраны и рекомендованы к использованию автомати-

зированные промышленные атомайзеры как подсистемы контроля и поддержания регламентных значений концентрации в воздухе рабочей зоны.

Предложена схема структуры комплекса технических средств и составлено описание технического обеспечения АСПЗ объектов рудничной промышленности. Систему рекомендовано создавать как трехуровневую АСПЗ с иерархической структурой, реализующей на нижнем уровне управления функции локальной автоматизации подсистем контроля зон ВОК пылей и взрывоопасных газов, пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, а на верхнем — функции ШМФСБ.

Таким образом, предлагаемые новые технические решения, структура комплекса технических средств и алгоритмы функционирования автоматизированной системы противопожарной защиты подземных рудников с беспроводным интерфейсом, выполняющая функции противовзрывной, противопожарной и противоаварийной защиты опасных производственных объектов со сложными условиями эксплуатации позволяют значительно повысить уровень промышленной и пожарной безопасности подземных горных выработок рудников, шахт и их наземных строений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебецки К.А., Романченко С.Б. Пылевая взрывоопасность горного производства. М.: Горное дело, 2012. 463 с.
2. Романченко С.Б., Девликанов М.О. Влияние дисперсного состава угольной пыли на показатели взрывоопасности // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2019. № 2. С. 16–23.
3. Горение мелкодисперсных пылегазовоздушных смесей в горных выработках / Черданцев С.В. [и др.] // Физикотехн. проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 2. С. 172–180.
4. Джигрин А.В., Исаев И.Р. Оценка последствий взрывов метана и пыли в угольных шахтах // Научно-технический сборник «Взрывное дело» № 106/63, 2011 г. С. 219–227.
5. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Демехин Ф.В. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 155 с.
6. Абросимов А.А., Топольский Н.Г., Федоров А.В. Автоматизированные системы управления противопожарной защитой нефтеперерабатывающих производств. — М.: АГПС МВД России, 2000, 252 с.
7. Федоров А.В. Научные основы автоматизированной системы управления противопожарной защитой нефтеперерабатывающих производств [Текст]: Дис. на со-иск. уч. степ. докт. техн. наук.: 05.13.06 / Федоров Андрей Владимирович — М.: Академия ГПС МВД России, 2000. — 332 с.
8. Корякин Н.М. Комплекс беспроводного индивидуального оповещения об авариях на шахтах и рудниках // Глобальная безопасность. № 1. 2005.
9. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N116-ФЗ
10. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2013 N599 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».

© Федоров Андрей Владимирович (fedorov-ppa@yandex.ru),

Алешков Александр Михайлович (alexander-akfire@yandex.ru), Колесникова Елена Геннадьевна (elena.kolesnikova97@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»