

Е. В. Романюк

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: scercso@mail.ru)

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗАВАРИЙНОЙ РАБОТОЙ ПЫЛЕВЫДЕЛЯЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

РЕЗЮМЕ

Введение. На основании статистических данных о количестве пожаров и взрывов на предприятиях различных отраслей, связанных с обращением горючих пылей, в статье обосновывается актуальность совершенствования систем аспирации с фильтрами-пылеуловителями и необходимость создания автоматизированной системы предупреждения пожаров и взрывов в аспирации, а также интеграции данной системы в автоматизированную систему управления производством.

Цели и задачи. Целью работы является обеспечение пожарной безопасности объектов защиты, связанных с обращением горючих пылей. В рамках поставленной цели решаются задачи по разработке принципов построения автоматизированной системы предупреждения пожаров и взрывов в аспирации с фильтрами-пылеуловителями, выбору критериев оценки процесса, а также методов интеграции с другими автоматизированными системами управления производственного объекта с учётом категории производственных объектов по взрывопожарной и пожарной опасности и связанности технологического оборудования в производственном процессе.

Методы. Проведён анализ существующих способов контроля систем аспирации с фильтрами-пылеуловителями. На основании анализа и обобщения существующих способов мониторинга работы систем пылеулавливания предложен алгоритм отслеживания потенциально взрыво- и пожароопасных ситуаций в системах аспирации.

Результаты и их обсуждение. Предложен алгоритм распознавания взрывопожароопасных ситуаций для систем аспирации с фильтрами-пылеуловителями. Рассмотрены особенности автоматизированной системы контроля производства (АСКП), состоящей из автоматизированной системы предупреждения и противопожарной защиты аспирации, автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) и автоматизированной системы управления противопожарными системами (АСУПС). Рассмотрены особенности их взаимодействия. Введён коэффициент, позволяющий определять приоритетность срабатывания одной из подсистем АСКП при возникновении чрезвычайной ситуации.

Выводы. Предложенная АСУППЗ позволяет обеспечить пожарную безопасность функционирования систем аспирации, а также минимизировать затраты на нейтрализацию аварийных ситуаций на производстве путём определения приоритетности поступающих сигналов по коэффициенту значимости, учитывающему особенности технологических процессов производства.

Ключевые слова: пыль, взрывоопасность, фильтры, аспирация, мониторинг, автоматизация, производство.

Для цитирования: Романюк Е. В. Интегрированная система управления безаварийной работой пылевыведяющих производств // Технологии техносферной безопасности. – 2020. – Вып. 2 (88). – С. 87-98. DOI: 10.25257/TTS.2020.2.88.87-98.

Почти на всех производственных объектах при осуществлении технологических операций различного характера образуется пыль, однако есть целый ряд предприятий, где проблема выделения и обращения пыли является наиболее актуальной. Загрязнение атмосферы и производственных помещений пылью недопустимо с точки зрения экологии, экономики, охраны труда и, если пыль является горючей, то с точки зрения пожарной безопасности. Обращение пылевоздушных масс может стать причиной взрыва, что актуально для предприятий пищевой промышленности, металлообработки, при добыче угля, серы, а также на нефтеперерабатывающих и химических заводах Российской Федерации (рис. 1).

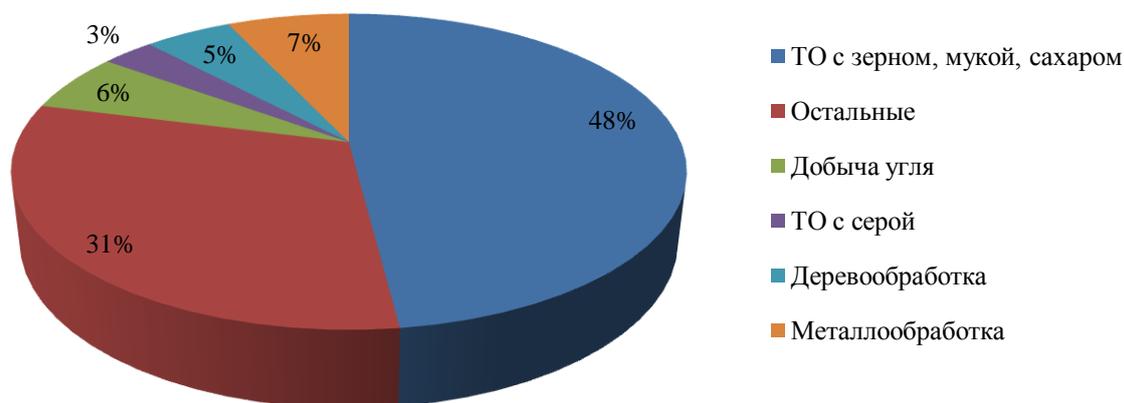


Рис. 1. Статистика взрывов пыли в основных отраслях РФ (ТО – технологическая операция)

Актуальность разработки мероприятий по очистке пылегазовых потоков и их утилизации обоснована статистикой пожаров и взрывов на предприятиях, связанных с обращением горючих пылей [1-3]. С начала года (11 января 2020 г.) взрыв пищевой пыли и последующий пожар произошли в производственном цехе по переработке зерна на комбикормовом заводе в селе Беленькое Белгородской области. Пострадали пять человек, один из пострадавших позже скончался в больнице. 18 февраля 2020 г. произошёл взрыв угольной пыли в котельной Красноярска, в результате которого пострадали два человека.

Проблема пылевых взрывов и пожаров существует и в других странах, так согласно [4] в 2018 г. на территории США и Канады произошло 75 пожаров и 14 взрывов, причинами которых стала горючая пыль. В результате пострадало 9 человек и один погиб. В этих странах также наиболее чувствительными к данной проблеме являются отрасли пищевой промышленности и деревообрабатывающей [5].

Наиболее масштабным техногенным происшествием, связанным с обращением горючей пыли, за последние 5 лет стал взрыв на угольной шахте в муниципалитете Чунцин на юго-западе Китая в 2016 г., в результате которого погибли 33 горняка. На шахте использовалось устаревшее оборудование, отсутствовала нормальная вентиляция.

Взрывы и пожары на "пылящих" производствах связаны с функционированием систем аспирации, вентиляции и расположенных в них пылеулавливающих устройств, и чаще всего такими устройствами являются фильтры-пылеуловители (рис. 2) [5].

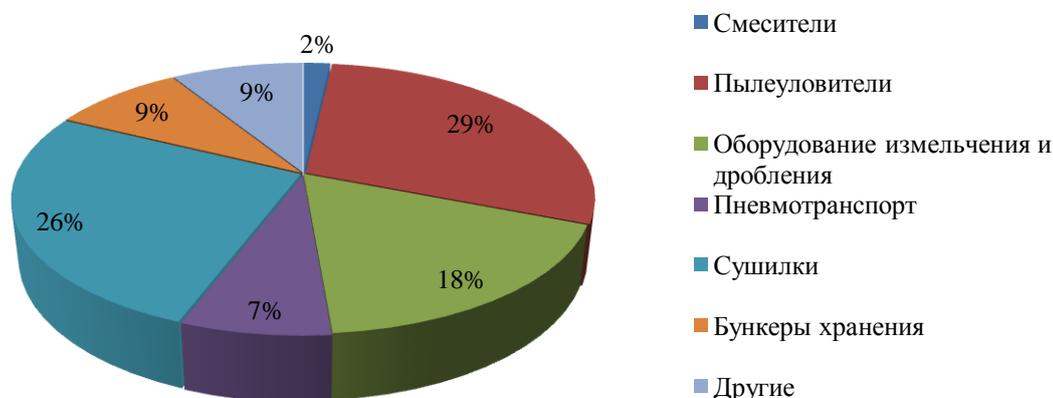


Рис. 2. Статистика взрывов пыли в оборудовании производственных объектов

На "пылящих" предприятиях система аспирации является важнейшей частью системы по предупреждению пожаров и взрывов, которая в свою очередь входит в состав системы по обеспечению пожарной безопасности, поэтому обустройство систем аспирации и мониторинг их работы напрямую влияют на пожаробезопасное функционирование производства. Повышение надёжности контроля работы систем аспирации возможно путём его автоматизации.

Автоматизация систем аспирации сегодня выступает как дополнительная опция, выполняемая по требованию заказчика на базе программно-технических комплексов таких производителей как "Siemens", "Schneider Electric", "Mitsubishi", "Овен" и др. Предлагаемые решения имеют модульную систему, что с одной стороны повышает универсальность их использования, а с другой стороны не может учесть тонкостей работы аспирации. Высокие затраты на автоматизацию могут быть мотивированы повышенной взрывоопасностью объекта или значительной потерей производительности. Предлагаемые системы работают в режиме "советчика", это связано с недостатком теоретических знаний в области автоматизации процесса пылеочистки, конкретнее кинетики процесса фильтрования. Указанные факторы снижают надёжность и "перекладывают" ответственность при решении вопроса на человека, который мыслит не объективно, то есть примет решение под давлением политики предприятия.

Так как разработчиком и установщиком систем аспирации является чаще всего отдельное юридическое лицо, то оно находит компромиссное решение в виде системы с автоматическим режимом выполнения управляющих функций с прямым цифровым управлением, реализуемое с помощью управляющего блока, установленного непосредственно на пылеуловитель и включающего ПЛК-контроллер.

Обеспечение пожарной безопасности осуществляется путем монтажа **автоматической установки пожаротушения (АУПТ)** в систему аспирации также в качестве дополнительной опции либо АУПТ сразу же на весь обслуживаемый объект, что более выгодно исполнителю системы. АУПТ работает по сигналу о возгорании от отдельных датчиков пламени или температуры, соответственно не может предупредить пожароопасную ситуацию.

Классическое управление технологическим объектом направлено, в первую очередь, на продукт производства, его качество, количество и обслуживается специалистами в области основных технологий. Причинно-следственная связь между качеством производства и качеством работы систем аспирации очевидна лишь в том случае, если влечет к большой потере продукции, как например, в мукомольном производстве. Непонимание природы пылевого взрыва и следующих за ним последствий и специфики функционирования "пылящих" производственных объектов разработчиками систем обеспечения пожарной безопасности делает невозможным предупредить взрыв или пожар.

Эффективное управление производством на таких объектах должно основываться на взаимосвязи таких его факторах как производительность, безопасность и прогнозируемость. Недооценка одного из аспектов и переоценка другого приводит к смещению равновесия в системе. Учёт существующей тесной взаимосвязи позволит не только сохранить баланс, но и сэкономить ресурсы предприятия, используя компоненты одной системы для полноты функционирования другой.

Учитывая вышеизложенные особенности производственного процесса и требования в области обеспечения пожарной безопасности, **автоматизированная система контроля производства (АСКП)** должна состоять из трёх подсистем:

- автоматизированная система управления предупреждением и противопожарной защитой аспирации (АСУППЗ);
- автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП);
- автоматизированная система управления противопожарной защитой (АСУПЗ).

Автоматизированная система предупреждения пожаров и взрывов в системах аспирации с фильтрами-пылеуловителями направлена в первую очередь на контроль рабочего состояния пылеуловителя. Задачами данной системы является своевременное определение необходимости смены режима "Фильтрация" на режим "Регенерация" и далее на режим "Смена слоя" с целью поддержания рабочего состояния фильтровальной перегородки. Сбой в работе данной системы является главной причиной аварийных ситуаций на производстве. При неполадках системы предупреждения следует связать систему контроля аспирации с системой противопожарной защиты [6].

Для контроля состояния фильтра-пылеуловителя используют датчики давления. Использование современных датчиков делает возможным отслеживать не только давление, но и температуру пылевоздушного потока в фильтре. Получаемые с датчиков данные позволяют организовать контроль состояния пылеуловителя и аспирации в целом и предложить следующую блок-схему работы системы предупреждения аварийных ситуаций в аспирации (рис. 3).

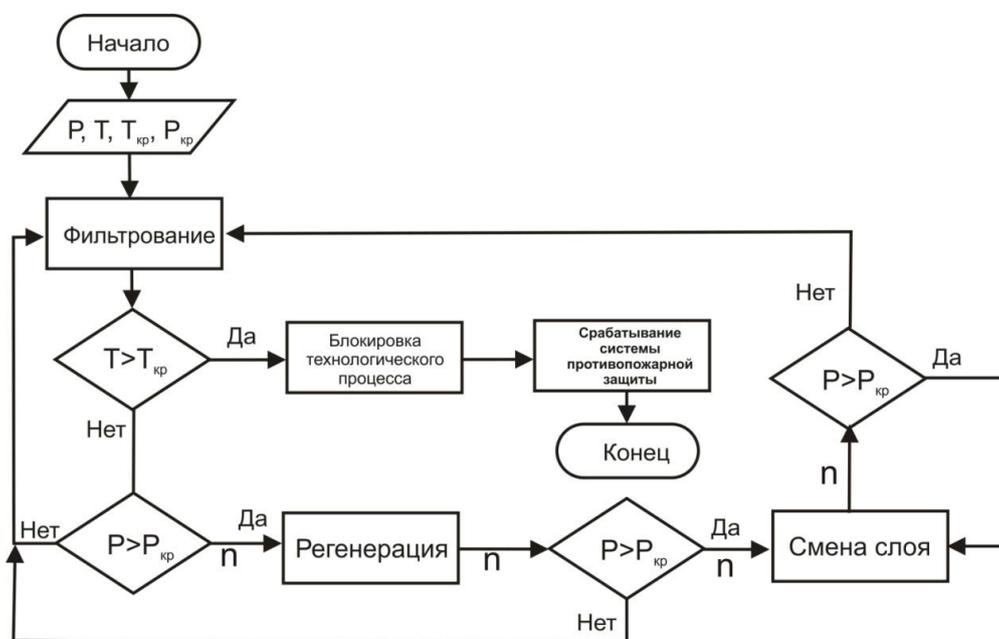


Рис. 3. Блок-схема работы автоматизированной системы управления предупреждением пожаров в системах аспирации [7]

Для оценки текущего состояния пылеуловителя используем параметры T – температура и P – общий перепад давлений на пылеуловителе, который определяется как

$$P = P_1 - P_2,$$

где P_1 – давление на входе в пылеуловитель;

P_2 – давление на выходе из пылеуловителя.

Параметр P диагностирует состояние фильтровальной перегородки. При этом существуют значения $T_{кр}$ и $P_{кр}$, которые будут сигнализировать об отклонении работы от нормы. Достижение T значения $T_{кр}$ говорит о необходимости срабатывания системы противопожарной защиты, превышение P значения $P_{кр}$ указывает на отклонение системы от нормальной работы и предаварийное состояние, поэтому на контроле данного параметра базируется работа системы предупреждения пожаров и взрывов в аспирации [8-9].

Совместную работу АСУППЗ, АСУТП и АСУПЗ можно рассмотреть на примере производственного цеха.

Схема систем и их взаимодействие представлены на рис. 4. Согласно Своду правил 12.13130.2009 "Определение категорий зданий, помещений и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" производственные помещения, в которых обращается горючая пыль, могут быть отнесены к категории Б или В1-В4, при этом для категорий Б и В1 обязательным является оснащение производственных помещений системами автоматического пожаротушения при площади помещения более 300 м^2 и прочих необходимых условиях или системами автоматической пожарной сигнализации независимо от площади согласно СП 5.13130.2009 "Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования".

Автоматизированная система предупреждения и противопожарной защиты системы аспирации работает в двух вариантах: предупреждение и противопожарная защита (рис. 3), первая работает на основе расчёта общего перепада давлений (P), вторая – от показаний температуры (T).

В помещении 1 (рис. 4) реализуются несвязанные технологическим оборудованием процессы $ТО1-ТОn$. Так как свойства образующихся пылегазовых потоков отличаются, то каждая **технологическая операция (ТО)** оснащена своей системой аспирации (Ас) и оборудована модулем пожаротушения. Пылеуловители расположены в отдельном помещении 3, относящемся к категории В4.

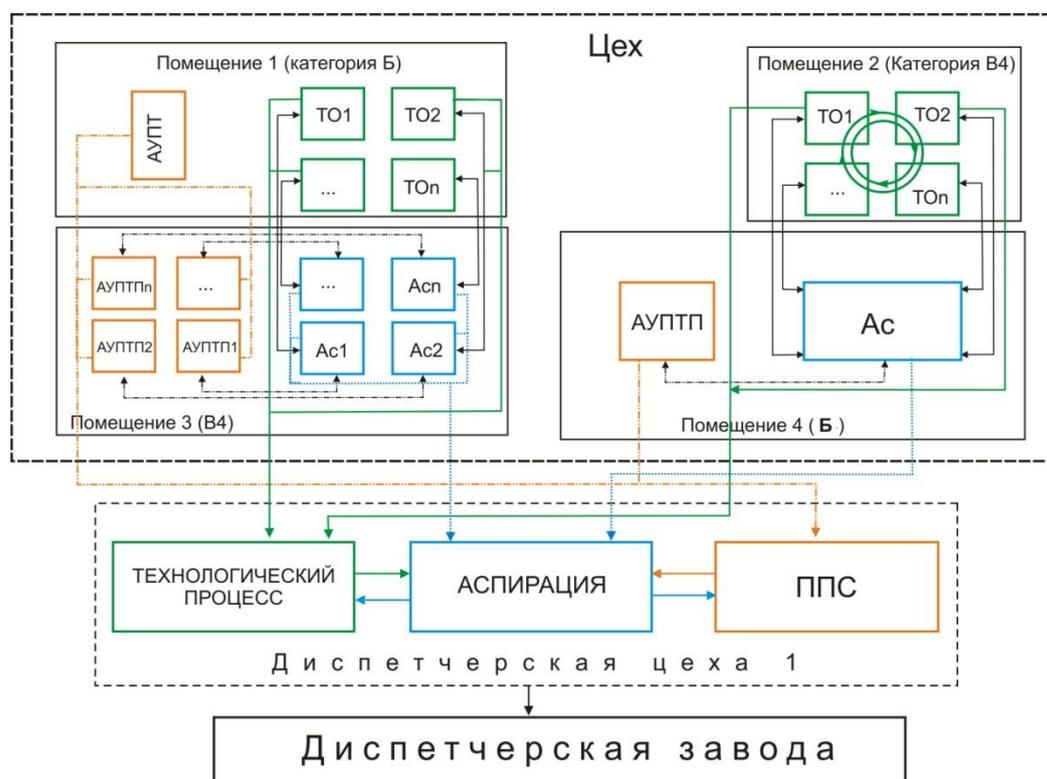


Рис. 4. Общая схема АСКП производственного цеха

Система предупреждения при достижении критических значений P автоматически стремится справиться с ситуацией, прокручивая режимы регенерации и смены слоя до достижения необходимого значения P ($P < P_{кр}$) n циклов. При невозможности достичь нужного значения останавливается аспирация Ас1, в которой произошел сбой, подается сигнал диспетчеру в систему контроля технологического процесса. При отнесении помещения 3 к категории В1-В4, следует заблокировать технологический процесс ТО1. Далее подается сигнал на диспетчерский пульт цеха и завода. При срабатывании режима противопожарной защиты аспирации в помещении 3 происходит блокировка системы аспирации Ас1, включаются модули пожаротушения, блокируется технологический процесс ТО1, передается сигнал в диспетчерскую цеха на пульт аспирации, далее на пульт противопожарной системы, подается сигнал в диспетчерскую объекта.

В помещении 2 происходят несколько технологических операций, связанных между собой технологическим оборудованием (ТО1-ТО n), в результате которых образуются пылегазовые потоки с одинаковыми свойствами. Помещение относится к пожароопасной категории В4. Оборудование ТО1-ТО n оснащено объединенной системой аспирации, пылеуловитель которой расположен в помещении 4 и оснащен модулем тушения. Помещение 4 относится к категории Б.

При срабатывании системы предупреждения на аспирационном оборудовании необходимо остановить и заблокировать систему аспирации, прекратить все технологических операций ТО1-ТО n в помещении 2, так как они связаны между собой производственными коммуникациями, подать сигнал в диспетчерскую цеха 1 на АСУППЗ и диспетчерскую завода. Диспетчер АСУППЗ цеха принимает решение относительно восстановления работоспособности аспирации.

При срабатывании системы противопожарной защиты аспирации следует отключить систему аспирации, прекратить технологические процессы ТО1-ТО n во втором помещении, передать сигнал в диспетчерскую цеха и завода, подать сигнал к эвакуации людей из здания.

На примере рассмотренной схемы можно сформировать перечень функций, которые должна выполнять интегрированная автоматизированная система управления производством в конкретных случаях (табл. 1). Ключевыми факторами при этом является категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности и связанность технологического оборудования производственными коммуникациями.

При создании структуры работы АСУППЗ следует учитывать особенности технологического процесса, связанность его технологических операций между собой и возможность взрыва в помещении (отнесение к категории по взрывопожарной и пожарной опасности). Аварийная ситуация может быть связана не только со взрывом или пожаром, но и с неполадками технологического процесса, а пожар и взрыв может быть не связан с технологическим процессом или аспирационной системой. Может возникнуть сразу несколько аварийных

ситуаций, вызванных различными причинами. При этом реакции АСКП должны быть направлены в сторону наихудшей ситуации, что определяется с учётом категории и связанности технологического оборудования. Целесообразно ввести коэффициенты значимости E , который должен быть учтен при компенсирующих (регулирующих) воздействиях АСКП (табл. 2).

Таблица 1

Функции АСКП при возникновении взрывопожароопасной ситуации

№ п/п	Функции интегрированной АСУТП	Категория помещения		Дискретность технологического оборудования	
		Б	В	Да	Нет
1	Автоматический выход на нормальный режим работы аспирации	+	+	+	+
2	Остановка локальной аспирации	+	+	+	-
3	Остановка общей аспирации	+	-	-	+
4	Блокировка аспирации	+	+	+	+
5	Сигнал об аварийном режиме технологического процесса в диспетчерскую цеха	+	+	+	+
6	Сигнал об аварийном режиме технологического процесса в диспетчерскую завода	+	-	-	+
7	Остановка связанного технологического процесса	+	+	+	+
8	Полная остановка технологических процессов	+	-	-	+
9	Срабатывание пожарной сигнализации в цехе	+	-	-	-
10	Срабатывание модулей пожаротушения в аспирационной системе	+	+	+	+
11	Срабатывание пожарной сигнализации к эвакуации из помещения	+	-	-	+
12	Срабатывание модулей пожаротушения в помещении	+	-	-	-
13	Вызов пожарных расчётов	+	-	-	-

Таблица 2

Коэффициенты значимости компенсирующих воздействий E

		Связанность технологических операций в производственном помещении	
		Да	Нет
Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности	Б	1	0,75
	В1-В4	0,5	0,25

В зависимости от значения коэффициента система определяет первоочередность компенсирующих мероприятий со стороны АСКП. На рис. 5 представлен фрагмент схемы принятия решения.

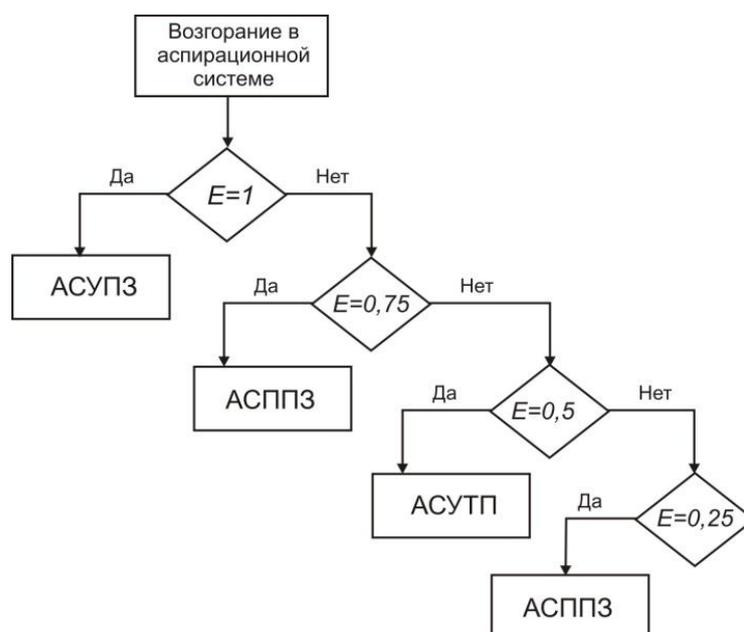


Рис. 5. Фрагмент схемы принятия решения о компенсирующих мероприятиях АСКП

Согласно схеме, если в аспирации возникло возгорание, то АСКП определяет коэффициент E и в зависимости от его значения направляет сигнал в ту подсистему, срабатывание которой должно быть преобладающим.

Таким образом, автоматизированная система контроля производства, должна состоять из трех взаимосвязанных компонентов АСУППЗ, АСУТП и АСУПЗ. Взаимосвязь и баланс этих компонентов при возникновении той или иной аварийной ситуации можно определить с помощью предложенного коэффициента значимости, учитывающего специфику производства, которая в первую очередь определяется обращением горючей пыли. Указанная специфика делает невозможным эффективное производство без фильтров-пылеуловителей систем аспирации.

АСУППЗ, управляющая фильтрами-пылеуловителями и реализующая предложенный алгоритм распознаваний его аварийной работы, является важнейшим компонентом автоматизированной системы управления производством, связанным с обращением горючей пыли, позволяет предотвратить возникновение и развитие взрывопожароопасных ситуаций на производственных объектах. Данную функцию не может реализовать АСУПЗ и полностью АСУТП. Использование датчиков, позволяющих определять как давление, так и температуру, дает возможность сократить расходы на АСУПЗ и интегрировать АСУППЗ и АСУПЗ.

Литература

1. Романченко С. Б., Костеренко В. Н. Полномасштабные исследования взрывов угольной пыли и критерии эффективности средств локализации // Вестник Научного центра. 2018. № 4. С. 6-20. <https://cyberleninka.ru/article/n/polnomasshtabnye-issledovaniya-vzryvov-ugolnoy-pyli-i-kriterii-effektivnosti-sredstv-lokalizatsii>.
2. Медич П. Л., Гарсия Т. Х., Фернандез А. Н., Мартин М. Э. Предотвращение распространения взрывов метана и пыли в угольных шахтах // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 307-312. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.307.
3. Горбунов Е. В., Панова Л. В., Атаманов С. Г. Аналитический обзор мер по предупреждению и локализации аварий на взрывопожароопасных объектах хранения и переработки растительного сырья // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. – 2015. – № 112. С. 943-954.
4. Cloney Chr. "2016 Combustible Dust Incident Report (North America) – Version 2". <https://myDustExplosionResearch.com/2016-Report>.
5. Dust Explosion Info. <http://www.dustexplosion.info/statistics>.
6. Barton J. Dust Explosion Prevention and Protection: A Practical Guide. Elsevier Science, 2002. 300 с.
7. Романюк Е. В., Федоров А. В. Автоматизированная система контроля работы фильтров-пылеуловителей с несвязанной структурой зернистого слоя во взрывобезопасном режиме // Автоматизация в промышленности, 2018. № 8. С. 13-16.
8. Yi-Shun Chenab, Shu-SanHsiauae, Sin-Chang, LaiaYau-Pin, Chyoub Hsuan-Yi, Lia Chia-Jen Hsua. Filtration of dust particulates with a moving granular bed filter // Journal of Hazardous Materials. Vol. 171. Issues 1-3. Pp. 987-994. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.06.103.
9. Ярмухамедова З. М., Андиров М. М. Разработка системы автоматизации процесса очистки газов // Вестник автоматизации. 2017. № 1 (55). С. 45-48.

Материал поступил в редакцию 27 марта 2020 г.; принят к публикации 27 июня 2020 г.

E. V. Romanyuk

(State Fire Academy of EMERCOM of Russia; e-mail: scercso@mail.ru)

INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR TROUBLE-FREE OPERATION OF DUST-GENERATING PLANTS

ABSTRACT

Introduction. Based on statistics on the number of fires and explosions in enterprises of various industries related to the handling of combustible dusts, the article substantiates the relevance of improving aspiration systems with dust filters and the need to create an automated system for preventing fires and explosions in aspiration, as well as integrating this system into an automated production management system.

Goals and objectives. The aim of the work is to ensure fire safety of objects of protection associated with the handling of combustible dusts. As part of this goal, tasks are being solved to develop the principles of building an automated fire and explosion prevention system in aspiration with dust filters, select criteria for evaluating the process, as well as integration methods with other automated control systems of the production facility, taking into account the category of production facilities for explosion and fire hazard and connectivity of technological equipment in the production process.

Methods. The analysis of existing methods of control of aspiration systems with dust filters is carried out. Based on the analysis and generalization of existing methods for monitoring the operation of dust collection systems, an algorithm for tracking potentially explosive and fire hazardous situations in aspiration systems is proposed.

Results and its discussion. An algorithm for recognizing explosive and fire-hazardous situations for aspiration systems with filter dust collectors is proposed. The features of an automated production control system (ASKP), consisting of an automated warning and fire protection system for aspiration, an automated process control system (ASUTP) and an automated fire control system (ASUPS), are considered. The features of their interaction are considered. A coefficient has been introduced that allows determine the priority of the triggering of one of the subsystems of ASKP in case of an emergency.

Conclusions. The proposed automated control system (ASUPPZ) allows ensuring fire safety of the functioning of aspiration systems, as well as minimizing the costs of neutralizing industrial emergencies by prioritizing of incoming signals according to a significance factor, that takes into account the process features.

Key words: dust, explosion hazard, filters, aspiration, monitoring, automation, production facility.

For citation: Romanyuk E. V. Integrated control system for trouble-free operation of dust-generating plants. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2020, vol. 2 (88), pp. 87-98 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2020.2.88.87-98.

References

1. Romanchenko S. B., Kosterenko V. N. Coal dust explosions full-scale research and localization means efficiency criteria. *Vestnik Nauchnogo tsentra / Bulletin of the Scientific Center*. 2018, no. 4, pp. 6-20. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/polnomasshtabnye-issledovaniya-vzryvov-ugolnoy-pyli-i-kriterii-effektivnosti-sredstv-lokalizatsii>.
2. Medich P. L., Garsiya T. Kh., Fernandez A. N., Martin M. E. *Predotvrashchenie rasprostraneniya vzryvov metana i pyli v ugol'nykh shakhtakh* [Prevention of the spread of methane and dust explosions in coal mines]. *Zapiski Gornogo instituta / Notes of the Mining Institute*, 2017, vol. 225, pp. 307-312. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.307.
3. Gorbunov E. V., Panova L. V., Atamanov S. G. Analytical review of preventive measures and accidents' localization at explosive storage and plant raw materials processing facilities. *Nauchnyy zhurnal KubGAU / Scientific Journal of Kuban State Agricultural University*, 2015, no. 112, pp. 943-954 (in Russian).
4. Cloney Chr. "2016 Combustible Dust Incident Report (North America) – Version 2". Available at: <https://myDustExplosionResearch.com/2016-Report>.
5. Dust Explosion Info. Available at: <http://www.dustexplosion.info/statistics>.
6. Barton J. *Dust Explosion Prevention and Protection: A Practical Guide*. Elsevier Science, 2002, 300 p.
7. Romanyuk E. V., Fedorov A. V. *Avtomatizirovannaya sistema kontrolya raboty fil'trov-pyleuloviteley s nesvyazannoy strukturoy zernistogo sloya vo vzryvobezopasnom rezhime* [Automated system for monitoring the operation of dust collectors with an unbound granular layer structure in explosion-proof mode]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti / Automation in Industry*, 2018, no. 8, pp. 13-16.
8. Yi-Shun Chenab, Shu-SanHsiauae, Sin-Chang, LaiaYau-Pin, Chyoub Hsuan-Yi, Lia Chia-Jen Hsua. Filtration of dust particulates with a moving granular bed filter. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 171, issues 1-3, pp. 987-994. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.06.103.
9. Yarmukhamedova Z. M., Andirov M. M. *Razrabotka sistemy avtomatizatsii protsessa ochistki gazov* [Development of a system for automating the gas purification process]. *Vestnik avtomatizatsii / Bulletin of automation*, 2017, no. 1 (55), pp. 45-48.

Received 27 March 2020; accepted 27 June 2020

Информация об авторе

РОМАНИЮК Елена Васильевна
канд. техн. наук; докторант; Академия
Государственной противопожарной служ-
бы МЧС России; Российская Федерация,
г. Москва, улица Бориса Галушкина, 4;
ORCID ID: 0000-0002-7382-7602, РИНЦ
Author ID: 526831; e-mail: scercso@mail.ru

Information about the author

ROMANYUK Elena Vasilevna
Candidate of Technical Sciences; Doctoral
student; State Fire Academy of EMERCOM
of Russia; Russian Federation, Moscow, Bori-
sa Galushkina St., 4; ORCID ID: 0000-0002-
7382-7602, RSCI Author ID: 526831; e-mail:
scercso@mail.ru