

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника Академии  
ГПС МЧС России по научной работе  
доктор технических наук, профессор  
М.В. Алешков



2021 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Академия ГПС МЧС России)

Диссертация «Научные основы автоматизации систем управления производственной аспирацией с обеспечением пожарной безопасности» выполнена на кафедре пожарной автоматики Академии ГПС МЧС России.

В период подготовки диссертации и по настоящее время соискатель Романюк Елена Васильевна является докторантом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

В 2002 году окончила с отличием Технологический университет Подолья (г. Хмельницкий) по специальностям «Химическая технология и оборудование отделочного производства» и «Менеджмент организаций».

В 2016 году с отличием освоила программу магистратуры по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет».

Ученая степень кандидата технических наук по специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий» присуждена в 2010 году диссертационным советом в Московском государственном университете инженерной экологии (МГУИЭ).

В 2016 году получила ученое звание доцента по специальности «Пожарная и промышленная безопасность».

Научный консультант – Федоров Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное



образовательное учреждение высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», кафедра пожарной автоматики, профессор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

#### *Общая оценка работы*

Диссертация Романюк Елены Васильевны представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу и содержит решение *научной проблемы* создания и методологического обеспечения автоматизированных систем управления производственной аспирацией с фильтрами-пылеуловителями и обеспечения пожарной и промышленной безопасности производств, связанных с обращением взрывоопасной горючей пыли.

Объем диссертации составляет 427 страниц машинописного текста. Работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 433 наименований и 6 приложений.

#### *Актуальность темы исследования*

Для целого ряда производств, деятельность которых связана с образованием и обращением горячей пыли, эффективная система предотвращения пожаров является залогом безопасного функционирования и обеспечением требований пожарной безопасности в рамках российского законодательства. К таким объектам относятся предприятия химической, пищевой, деревообрабатывающей, фармацевтической, металлообрабатывающей, добывающей и других отраслей экономики государства. Способами исключения условий образования горючей среды (пылевоздушной смеси) являются, прежде всего, применение устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в помещение, или устройств, исключающих образование в помещении горючей среды, а также автоматизация технологических процессов, связанных с образованием горючей среды. На производстве таким устройством является система аспирации, ее работа в автоматизированном режиме значительно повышает уровень пожарной безопасности, а также безопасность производства для здоровья людей и окружающей среды.

Согласно международной статистике (2018-2020 гг.) ежегодно в мире происходит порядка 200 взрывов и пожаров на производстве, причиной которых является горючая пыль. В 80 % из приведенных случаев технологические процессы были оснащены системами аспирации, и в 60% из них аспирация была автоматизирована. Это указывает на объективно существующие проблемы в организации работы аспирационных систем и недостаточной разработанности теории их автоматизации.

Сегодня автоматизированные системы управления широко применяются в непрерывных технологических процессах, однако теория регулирования, используемая в производстве, не может быть применима при управлении системами безопасности в полной мере. Это связано с тем, что обеспечение



безопасности – не только непрерывное поддержание нормального технологического режима, но и грамотная комплексная реакция на штатные ситуации и аварии, возникающие всегда неожиданно.

Возникновение техногенной аварии невозможно предсказать без досконального знания технологического процесса, поэтому основой для автоматизации систем безопасности являются знания особенностей процесса. Основой надежности – мобильность и многоуровневость систем управления средствами обеспечения защиты. Особенностью систем защиты является дискретность их состояний, а спецификой управления – алгоритмы, привязанные к определенным плохо предсказуемым событиям, зависимым от времени и места возникновения. Классическая теория автоматизации не справляется с такой задачей, поэтому следует привлечь методы и средства, используемые в теории управления, вооружиться новыми эмпирическими знаниями о технологическом процессе.

Автоматизация систем аспирации в большинстве случаев ограничивается элементарным уровнем, подразумевающим только включение и выключение всей системы, хотя с учетом многообразия конструкций и механизмов действия пылеуловителей, являющихся ключевыми элементами аспирации, способы автоматизированного регулирования через них представляются перспективными.

Учитывая вышесказанное, актуальным является разработка нового научного подхода к автоматизированному управлению аспирацией, учитывающему нестационарность и дискретность возникающих состояний объекта управления, а также новые возможности автоматизированной нормализации работы с помощью инновационных пылеуловителей.

Учитывая вышесказанное, диссертация, посвященная решению указанных проблем, является актуальной.

#### *Степень разработанности темы исследования*

Над вопросами эффективного пылеулавливания работали такие отечественные и зарубежные исследователи как Е.А. Штокман, Г.М. Гордон, А.Ю. Вальдберг, Ю.В. Красовицкий и другие. В их трудах тема эффективного управления системами аспирации в целом и автоматизации в частности затронута в общих чертах.

Теория автоматизированного управления технологическими процессами, в том числе применительно к рассматриваемым техническим системам, разрабатывалась такими учеными, как А.А. Красовский, Г.С. Поспелов, А.С. Шаталов, А.И. Кухтенко, В.С. Пугачев и другие.

Вопросы автоматизации процессов обеспечения безопасности занимают такие современные ученые как Н.Г. Топольский, А.В. Федоров, А.Н. Членов, Н.Л. Сальников, Д. И. Пуцев, О.С. Кочетов и другие.

Исследования указанных выше ученых позволяют определить лишь некоторые аспекты автоматизированного управления системами производственной аспирации, не представляя единой концепции решения проблемы. В существующих работах, как и в других литературных источниках,



отсутствует описание работы аспирации производственных объектов с фильтрами-пылеуловителями во взрывоопасных режимах, соответственно нет методик и алгоритмов, позволяющих нейтрализовать аварийные ситуации и обеспечивать высокоэффективное функционирование.

*Личный вклад автора*

Все результаты, выносимые на защиту, получены автором лично, из совместных работ с соавторами в диссертацию включены только те результаты, которые принадлежат автору.

*Степень достоверности* основных результатов диссертации подтверждается их внутренней непротиворечивостью, согласованностью с основными принципами и законами физики, теорией вероятности и математической статистикой, данными других авторов и положительными результатами внедрения.

*Научную новизну* представляют следующие результаты:

– разработаны комплекс алгоритмов и их информационное обеспечение, представляющих собой систему идентификации пылеуловителя и позволяющих осуществить выбор и идентификацию пылеуловителя для системы аспирации на основе справочных, частично справочных и частично экспериментальных и исключительно экспериментальных данных;

– разработаны теоретические основы автоматизации системы управления предупреждением и противопожарной защитой (АСУППЗ) аспирации с фильтрами-пылеуловителями на основе контроля общего перепада давлений как управляющей функции с учетом впервые описанного аварийного режима работы фильтра – экзосции, и регулирования состояния аспирации путем смены режимов работы фильтров, а также их конфигурации с применением специальных инновационных конструкций;

– предложен метод повышения надежности и эффективности АСУ аспирацией путем создания дополнительных подсистем контроля режимов работы (супервизора) и обеспечения пожарной безопасности, который обеспечивается моделью взаимодействия систем текущей диагностики состояния аспирации и супервизора на основе впервые предложенной многомерной цепи полумарковского процесса;

– разработаны и апробированы структура, техническое и программное обеспечение АСУ аспирацией для экспериментальных исследований и промышленного использования;

– получены математические модели, заложенные в основу работы систем управления аспирацией для диагностики и прогнозирования времени возникновения аварийных режимов работы фильтров в системе аспирации и обеспечивающие текущую диагностику и супервизорную функцию АСУ аспирацией с однослойными и двухслойными фильтрами-пылеуловителями;

– разработана методика интеграции АСУ аспирацией с подсистемами АСУ производством, учитывающая информационную среду на основе комбинированной модели сетей Петри с приоритетом и сетей Маркова и реализован на их основе концептуальный подход к созданию интегрированной



системы управления безопасностью производства (ИСУБП) как выделенному комплексу функций по обеспечению безопасности в структуре производственной АСУ;

– предложен новый метод реализации регулирующих функций АСУ посредством применения новых конструктивных решений фильтров-пылеуловителей.

*Теоретическая значимость* работы заключается в следующем.

1. Создание методов и алгоритмов идентификации пылеуловителя в системе производственной аспирации на основе справочных и экспериментальных данных.

2. Разработка методологии, научных основ и формализованных методов построения автоматизированной системы управления предупреждением и противопожарной защитой аспирации на основе контроля режима работы фильтра-пылеуловителя и использования мобильной структуры и (или) конструкции фильтра для реализации регулирующих функций системы.

3. Экспериментальное обнаружение, теоретическое и математическое описание аварийного режима работы фильтра – экзосции.

4. Создание методик, алгоритмов обеспечения работы АСУ аспирацией с фильтрами-пылеуловителями, а также структуры и принципов построения таких АСУ на основании обнаруженных эмпирически и описанных математически закономерностей кинетики общего перепада давлений на фильтрах-пылеуловителях различного вида.

5. Предложена концепция работы интегрированной системы управления безопасностью производства (ИСУБП), связанного с обращением горючих пылей.

*Практическая значимость* работы заключается в следующем.

1. Разработаны алгоритмы и программы идентификации пылеуловителя для системы аспирации на основе:

- исключительно справочных данных;
- частично справочных и частично экспериментальных данных;
- полностью экспериментальных данных.

2. Разработано техническое и программное обеспечение (Свидетельства государственной регистрации № 2014610850, 2017614784, 2020612201) для автоматизированной системы управления работой системы аспирации.

3. Разработана методика двойного контроля состояния фильтра и идентификации аварийных режимов на основе текущих замеров общего перепада давлений на фильтре и работы цифрового двойника процесса.

4. Разработаны и подтверждены патентами РФ способы (алгоритмы) для текущего распознавания и прогнозирования аварийных ситуаций в системе аспирации с однослойными и двухслойными фильтрами-пылеуловителями (патенты №№ 2743560, 2746369).

5. Разработаны конструкции фильтров-пылеуловителей (патенты №№ 2474463, 2629683, 2656304, 164866, 169127, 2656304), позволяющие реализовывать регулирующие функции автоматизированной системы идентификации пылеуловителя и контроля работы аспирации с фильтрами.



6. Разработаны технические решения для реализации функций пламяпреграждения и пламягашения в системах аспирации производств, связанных с обращением горючей пыли (патенты №№ 2597535, 2657692, 2713685).

7. Создан опытный образец АСУ, включающий подсистему мониторинга фильтровальных установок с применением проводной и беспроводной связи и модульную фильтровальную установку.

*Рекомендации по использованию результатов диссертации*

Полученные результаты могут быть в дальнейшем использованы

– при разработке нормативных документов в области пожарной безопасности систем аспирации производственных объектов, связанных с обращением горючей пыли;

– при разработке проектных решений по автоматизации систем аспирации производственных объектов, связанных с обращением горючих пылей;

– в научно-исследовательских работах и учебном процессе образовательных учреждений пожарно-технического и технического профилей.

*Полнота опубликованных основных научных результатов, полученных автором*

Все научные результаты, полученные автором, опубликованы в научных журналах и материалах научных и научно-практических конференций (186 научных публикации), в том числе 49 – в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК России, из которых 13 – в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК по специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», получено 12 патентов РФ на изобретения и полезные модели и 3 свидетельства Роспатента регистрации программ для ЭВМ.

*Соответствие содержания диссертации паспорту специальности, по которой она рекомендуется к защите*

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки), а именно:

– пункту 2 «Автоматизация контроля и испытаний»;

– пункту 3 «Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.»;

– пункту 6 «Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления».

Диссертация «Научные основы автоматизации систем управления производственной аспирацией с обеспечением пожарной безопасности» Романюк Елены Васильевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06

«Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (технические науки).

Заключение принято на совместном заседании сотрудников и работников кафедры пожарной автоматики, кафедры пожарной безопасности технологических процессов (в составе УНК ПБОЗ), кафедры информационных технологий (в составе УНК АСИТ) и кафедры организации деятельности пожарной охраны (в составе УНК СОПБ).

Присутствовали на заседании 15 человек. Результаты голосования: «за» - 15 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 5 от 18 мая 2021 года.

Начальник кафедры пожарной автоматики  
доктор технических наук, доцент



Кочегаров А.В.