

УТВЕРЖДАЮ

Начальник  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
генерал-майор внутренней службы  
доктор технических наук

Д.М. Гордиенко



«11» июля 2022 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» на диссертацию Романюк Елены Васильевны по теме: «Научные основы автоматизации систем управления производственной аспирацией с обеспечением пожарной безопасности», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

#### **1. Актуальность темы диссертации**

Предупреждение пожаров и взрывов на производствах, связанных с образованием и обращением горючей пыли, является одним из требований Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Статистика пожаров и взрывов сегодня говорит о том, что, несмотря на требования указанного закона, предупредить пожары и взрывы на пылящих предприятиях часто не удается.

*Вх. № 6/147 от 11.08.2022*

Причин может быть несколько и одной из главных является несовершенство средств и методов контроля технологического оборудования, отвечающего за утилизацию пылегазовых потоков – производственных систем аспирации, а также недостаточная интеграция систем управления производственной аспирацией с другими системами контроля и безопасности. В связи с вышесказанным диссертация Е.В. Романюк является актуальным исследованием и предполагает научный подход к решению проблемы, объективно существующей на многих производствах вследствие недостаточных теоретических знаний о специфике объекта исследования.

## **2. Цель и задачи, полученная научная новизна.**

Целью диссертации является создание научных основ автоматизации систем управления производственной аспирацией и обеспечения ее пожарной безопасности на производствах, связанных с обращением горючей пыли, на основе новой концепции управления производственной аспирацией посредством предупреждения аварийных режимов работы пылеуловителей. Для достижения поставленной цели соискатель последовательно решил ряд теоретических, экспериментальных и практических задач, научная новизна которых заключается в следующем:

1. 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.

2. Разработаны теоретические основы автоматизации системы управления предупреждением и противопожарной защитой (далее - АСУППЗ) аспирации с фильтрами-пылеуловителями на основе контроля общего перепада давлений как управляющей функции с учетом впервые описанного аварийного режима работы фильтра – эвроссии, и регулирования

состояния аспирации путем смены режимов работы фильтров, а также их конфигурации с применением специальных инновационных конструкций.

3. Предложен метод повышения надежности и эффективности автоматизированных систем управления (далее - АСУ) аспирацией путем создания дополнительных подсистем контроля режимов работы (супервизора) и обеспечения пожарной безопасности, который определяется моделью взаимодействия систем текущей диагностики состояния аспирации и супервизора на основе впервые предложенной многомерной цепи полумарковского процесса.

4. Разработаны и апробированы структура, техническое и программное обеспечения АСУ аспирацией для экспериментальных исследований и промышленного использования.

5. 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.

6. 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.

7. Предложен новый метод реализации регулирующих функций АСУ посредством применения новых конструктивных решений фильтров-пылеуловителей.

### **3. Теоретическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы заключается в следующем.

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

2. Разработке 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. Экспериментальном обнаружении, теоретическом и математическом описании аварийного режима работы фильтра – экзосции.

4. Создании 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. Предложенной концепции работы интегрированной системы управления безопасностью производства (ИСУБП), связанного с обращением горючих пылей.

#### **4. Практическая значимость**

Практическая значимость работы заключается в следующем.

– Разработаны алгоритмы и программы идентификации пылеуловителя для системы аспирации на основе: исключительно справочных данных; частично справочных и частично экспериментальных данных и полностью экспериментальных данных.

– Разработано техническое и программное обеспечение для автоматизированной системы управления работой системы аспирации.

– Разработана методика двойного контроля состояния фильтра и идентификации аварийных режимов на основе текущих замеров общего перепада давлений на фильтре.

– Разработаны и подтверждены патентами РФ способы (алгоритмы) для текущего распознавания и прогнозирования аварийных ситуаций в системе аспирации с однослойными и двухслойными фильтрами-пылеуловителями.

– Разработаны конструкции фильтров-пылеуловителей, позволяющие реализовывать регулирующие функции автоматизированной системы идентификации пылеуловителя и контроля работы аспирации с фильтрами.

– Разработаны технические решения для реализации функций пламяпреграждения и пламягашения в системах аспирации производств, связанных с обращением горючей пыли.

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

## **5. Достоверность полученных результатов**

Полученные в диссертационной работе результаты обосновываются теоретическими и практическими сведениями, представленными в известных научных работах и публикациях; подтверждаются использованием апробированных научных положений и методов исследования, корректным применением математического аппарата и сертифицированных программ моделирования. Теоретические разработки подтверждаются результатами апробации, внедрения и экспериментальной проверкой отдельных теоретических положений.

## **6. Оценка содержания диссертации**

Диссертация изложена на 427 страницах, состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость и др.

В первой главе *«Анализ и обоснование необходимости разработки автоматизированных систем управления аспирационными системами технологических процессов, связанных с образованием и обращением горючих пылей»* рассмотрены вопросы создания АСУ аспирацией, а именно статистика пожаров и взрывов на производствах, связанных с обращением горючей пыли. Анализируются причины пожаров и взрывов. В главе описывается оборудование, применяемое для очистки пылегазовых потоков, а также принципы, методы, способы и технические средства контроля производственных аспирационных систем, их недостатки, приводящие к авариям, пожарам и взрывам.

Во второй главе *«Разработка структуры и принципов построения автоматизированной системы управления аспирацией пылящих производств»* разрабатывается основной подход к решению проблемы управления производственными аспирационными системами, который заключается в создании системы управления через контроль состояния пылеулавливающего устройства, присутствие которого в системе является необходимым элементом, но является фактором, провоцирующим пожары и взрывы. Дается схема разработанной АСУ, представляющей собой двухкомпонентную систему, работающую для распознавания устройства пылеулавливания, а также прогнозирования и диагностики аварийных режимов его работы. Система управления включает информационное, методическое, техническое и программное обеспечение для поддержания нормальной работы путем оценка состояния пылеуловителя. Система подразумевает работу со всем ассортиментом пылеуловителей для начального определения правильности выбора принципа очистки для

пылегазовых потоков с различными параметрами потока, а также детальную оценку и контроль состояния фильтров-пылеуловителей, как наилучший вариант для взрывопожароопасных пылегазовых потоков. Предлагается в вертикальной проекции двухуровневый контроль: следящий - с помощью приборов, и страхующий – с помощью прогнозирующих функций.

В третьей главе *«Разработка технического и программного обеспечения автоматизированной системы управления предупреждением и противопожарной защитой»* описано разработанное техническое и программное обеспечение разработанной АСУ аспирацией, имеющее как лабораторное, так и промышленное назначение. Указанное обеспечение применялось для проведения эмпирических исследований в условиях лаборатории, а также в условиях производства.

В четвертой главе *«Экспериментальное определение взрывоопасных режимов работы системы аспирации с фильтрами»* на основании проведенных экспериментальных исследований для фильтров-пылеуловителей системы аспирации сформированы закономерности изменения принятой оценочной функции состояния фильтров-пылеуловителей - общего перепада давлений - на фильтровальных перегородках различного типа и соответственно всей производственной аспирации. На основании обобщения многочисленных экспериментов дана схема кинетики общего перепада давлений для работы в аварийных, предаварийных и нормальных режимах, что дает возможность сформировать критерии для оценки режимов в системе текущего контроля АСУ аспирацией. Впервые описан и идентифицирован для системы контроля аварийный режим -- проскок пыли (названный автором как «экзосция»), представляющий повышенную потенциальную пожаровзрывоопасность для производственных помещений.

В пятой главе *«Математические модели и аналитические зависимости для обеспечения систем автоматизированного контроля»* разработано математическое и алгоритмическое обеспечение для локальной

АСУ фильтров аспирации на основе анализа показаний приборов контроля системы и принятых закономерностей изменения кинетики общего перепада давлений в нормальных и аварийных режимах работы. Для страхующей системы прогнозирования – супервизора – также разработаны математические модели и алгоритмы, прогнозирующие наступление аварийных ситуаций на основании исходных данных о пылегазовых потоках и характеристиках фильтров-пылеуловителей. На основе идеализированных представлений о структуре фильтрующего слоя и сущности происходящих физических процессов разработаны аналитические модели, позволяющие прогнозировать «экзосцию» для разных параметров фильтра и потока. В результате обработки полученных экспериментальных данных получены уравнения регрессии для оценки продолжительности различных периодов работы фильтра-пылеуловителя.

В шестой главе *«Интегрирование автоматизированной системы управления аспирацией с производственными автоматизированными системами управления»* излагается разработанная концепция интегрированной системы управления безопасностью производства (ИСУБП), связанного с образованием и обращением горючей пыли. Для такой системы основной опасностью является возникновение аварийных состояний в системах аспирации, блокирующих удаление пылегазового потока из объема помещений и оборудования, поэтому распознавание данных ситуаций является основной задачей. Для этого используются алгоритмы, приведенные в пятой главе. Взаимодействие средств локального контроля АСУ и прогнозирующего супервизора, а также получение сигнала тревоги реализуется с помощью разработанной соискателем многомерной сети Маркова; интеграция автоматизированной системы предупреждения аварий, объединяющей указанные компоненты с другими системами контроля и обеспечения безопасности технологического процесса осуществляется на основе комбинированной сети Петри-Маркова, регламентирующей работу ИСУБП. В рамках ИСУБП разрабатывается не только идентификация



аварийных ситуаций, но и выработка регулирующих воздействий системы безопасности на различных уровнях общезаводской АСУ, обеспечивающих минимизацию ущерба при возникновении и развитии аварий.

В заключении даны основные выводы по диссертации. Приведен список используемой литературы из 433 наименований. В приложениях приведены некоторые справочные данные, результаты экспериментальных данных, расчет экономической эффективности внедрения предложенной концепции управления, акты внедрения в производственную, научную и учебную сферу, копии патентов на изобретения и свидетельств регистрации программ для программного обеспечения АСУ.

#### **7. По диссертационной работе имеются следующие замечания и предложения**

1. В разделе 2.1 (табл.2.1) в задаче третьего типа отсутствует характеристика выходных данных. Хотя речь идет о подборе фильтра и мониторинге его работы для нового производства, ожидаемые и известные (например, геометрические характеристики) выходные данные должны быть показаны.

2. Подраздел 2.7.2. Из рис 2.14 можно заключить, что чем существеннее, по экспертному заключению, влияние фактора, тем меньше его значение на гистограмме. Это противоречит логике.

3. Производственная система аспирации является комплексом инженерного оборудования. При разработке системы управления аспирацией следует учитывать вклад остального оборудования (например, инженерные трубопроводы сложной конфигурации, вентиляторы и т.д.) в создание и развитие аварийных ситуаций. Например, большую роль играет накопление и дальнейшее самовозгорание горючей пыли в системах трубопроводов аспирации.

5. В теории фильтрования существует понятие «проскок пыли». Данное понятие может быть использовано при описании процесса, который

соискатель называет «экзосцией». К тому же перевод слова «изгонять, «освободить» с английского языка правильно было бы трактовать как «экзорция».

6. В главе 5 представлены математические модели и аналитические зависимости для обеспечения систем автоматизированного контроля. Коэффициенты (критерии), определяемые по формулам (5.5) и др., не являются безразмерными, поскольку в них не входят безразмерные величины. Скорее эти формулы можно назвать эмпирическими и они определяют вклад тех или иных показателей в значение рассчитываемого коэффициента (критерия). В формуле определения темпа фильтрации (5.8) неясно, почему знак  $\Delta$  нарастания давления возведен в квадрат.

7. Следует скорректировать запись формулы (5.53), в автореферате она представлена под (12), поскольку порядок коэффициентов очень высокий, а определяемая величина (масса частиц) вряд ли имеет значение, которое следует представлять с такой точностью. К тому же эта формула в диссертации продублирована дважды на с.251 и 252

8. В работе показано, что наиболее эффективными для горючих пылей являются зернистые фильтры – уловители с не связанной структурой, однако при этом отсутствуют четкие рекомендации о том, может ли разработанная АСУ производственной аспирации применяться для контроля и автоматизации работы производственных систем с волокнистыми и другими фильтрами-пылеуловителями

9. В работе нет обоснования, насколько целесообразны разработка и использование систем с применением цепи Маркова и расчетом вероятностей, если для определения начала «экзосции» можно сравнить показания датчиков и расчетное время аварии согласно предложенным математическим формулам.

10. На рис.3 автореферата в блок-схеме алгоритма решения задачи отсутствует блок 1.

11. В автореферате на с. 26 рис.16б дана ссылка на расчет по формуле 5.57, однако такой формулы нет в автореферате.

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость диссертации Е.В. Романюк и не влияют на положительную оценку работы.

#### **8. 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.

#### **9. Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат диссертации структурирован, детализирован и дает достаточно полное представление о полученных научных и практических результатах. Содержание автореферата соответствует основным положениям и выводам диссертации.

#### **10. Публикации и апробация результатов исследования**

По результатам диссертации опубликовано 186 научных работ, из которых 49 научных статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 6 статей в журналах, индексируемых в базе Scopus, получено 12 патентов РФ и 3 свидетельства регистрации программ для ЭВМ, опубликованы 2 монографии.

#### **11. Заключение о соответствии диссертации паспорту научной специальности и критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.**

Диссертационная работа Романюк Елены Васильевны «Научные основы автоматизации систем управления производственной аспирацией с

обеспечением пожарной безопасности» полностью соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

Содержание диссертации отвечает паспорту специальности 2.3.3. - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки), а ее автор Романюк Елена Васильевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3. - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на совместном заседании специалистов научно-исследовательских отделов «Пожарная безопасность промышленных объектов, технологий и моделирования техногенных аварий» и «Разработки программного и информационного обеспечения» ФГБУ ВНИИПО МЧС России 07 июля 2022 года.

На совместном заседании присутствовали 26 человек. Голосовали по отзыву единогласно.

Заместитель начальника отдела «Пожарной безопасности промышленных объектов, технологий и моделирования техногенных аварий» -  
начальник научно-исследовательского сектора  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
кандидат технических наук  
подполковник внутренней службы  
07.07.2022

А.В. Мордвинова

Главный научный сотрудник  
научно-исследовательского центра  
«Нормативно-технических проблем  
пожарной безопасности»  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
доктор технических наук

Л.П. Вогман

Начальник отдела  
«Разработки программного и  
информационного обеспечения»  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
полковник внутренней службы

К.В. Домрачев

Главный научный сотрудник  
научно-исследовательского центра  
«Организационно-управленческих  
проблем пожарной безопасности »  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
доктор технических наук  
07.07.22-

А.А. Порошин

143900, Московская область, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д 12  
Телефоны: (495) 521-83-26, (495) 524-81-21  
Сайт: <http://www.vniipo.ru>  
e-mail: [vniipo@vniipo.ru](mailto:vniipo@vniipo.ru)

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»  
(ФГБУ ВНИИПО МЧС России)