

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
ГПС МЧС России»

генерал-лейтенант внутренней службы
доктор технических наук, профессор



Гавкалюк Богдан Васильевич

«23» марта 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу соискателя ученой степени кандидата технических наук Строгонова Андрея Юрьевича, выполненную на тему «Модели и алгоритмы диагностирования газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов» по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Одним из приоритетных направлений обеспечения пожарной безопасности на объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) является непрерывный контроль параметров газовой среды на предмет наличия довзрывных концентраций горючих газов и паров на производственных объектах, в частности на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ). Сохранность находящихся на них продукции, сырья и материальных средств во многом зависит от используемых для этого методов предотвращения опасных ситуаций.

Для реализации этих задач используются автоматизированные системы контроля и предотвращения взрывопожароопасных ситуаций, системы противоаварийной защиты. Данные решения интегрированы в общую структуру противопожарной защиты предприятия и базируются на работе сети газосигнализаторов, установленных в зонах с повышенным риском возникновения инцидентов. Приборы обеспечивают оперативное информирование дежурной смены о концентрации горючих веществ в контролируемых зонах.

Применение для регистрации событий новых интеллектуальных алгоритмов анализа данных на всех иерархических уровнях управления объектом посредством автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) не только позволяет существенно повысить скорость реагирования на возможные опасные ситуации, но также обеспечить своевременность оценки качества работы газосигнализаторов с

Вх 26/22 от 06.03.2026

точки зрения их готовности, реализовать предиктивную диагностику оборудования полевого уровня АСУТП.

Часто используемые на предприятиях в настоящее время термохимические газосигнализаторы имеют тенденцию к неконтролируемому снижению чувствительности, обусловленную, физическим износом чувствительных элементов их датчиков из-за воздействия окружающей среды. Это может быть как отравление (деактивация) катализатора датчика при их химическом взаимодействии с инертными газами или рядом соединений (кремнийорганическими, галогенсодержащими, фосфорорганическими веществами), так и повышение влажности, изменение напряжённости электрического или магнитного полей, а также некоторыми другими причинами.

Отсутствие или несвоевременность реакции дежурной смены в таком случае может существенно повысить допустимый пожарный риск в определенный момент времени вследствие недостоверности мониторинга реального нижнего концентрационного предела распространения пламени. Такие события зачастую происходят на участках наружных технологических установок. Изменение значений в показаниях чувствительных элементов в промежутках между мероприятиями технического обслуживания связано с проблемой дрейфа нуля.

Снижение вероятности срабатывания термохимических датчиков газосигнализаторов при фактическом превышении объемной доли горючего газа или пара в воздушной среде требует разработки ряда научно-обоснованных моделей их диагностирования с применением новых информационных технологий.

Актуальность и высокая значимость диссертационного исследования для экономики и обороноспособности страны соответствует требованиям Федерального закона от 21.12.1994 № 69 «О пожарной безопасности» (с изменениями на 7 июля 2025 года), Указа Президента РФ от 07.07.2011 № 899 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» (с изменениями на 16 декабря 2015 года), Распоряжения правительства РФ от 14.07.2012 № 1273-р «Об утверждении перечня технологий, имеющих важное социально-экономическое значение или важное значение для обороны страны и безопасности государства (критических технологий)» (с изменениями на 24 июня 2013 года) в части «Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Указа Президента РФ от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года» и других нормативных документов.

Наряду с этим **актуальность** темы диссертационной работы Строгонова А.Ю. определяется недостаточными математическими оценками корректировки времени технического обслуживания с учетом расходования технического ресурса, а также отсутствием математической

формализации влияния на состояние чувствительных элементов датчиков условий внешней среды, связанных с изменением климата, производственными выбросами, топологией объектов ТЭК. Также следует отметить, что не в полной мере исследована проблема расхода ресурса термохимического датчика.

2. Цель, объект, предмет и задачи диссертации

Целью исследования является совершенствование технического обслуживания автоматизированной системы предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов на основе моделей и алгоритмов диагностирования газосигнализаторов. В работе в качестве объекта исследования обозначен вспомогательный технологический процесс технического обслуживания автоматизированной системы предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов. Предметом исследования определены модели и алгоритмы, оказывающие управляющее воздействие на процесс диагностирования газосигнализаторов в автоматизированной системе предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов.

Для достижения поставленной цели соискателем были поставлены и решены следующие научные задачи:

- провести анализ текущего состояния управляемых процессов диагностики газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов (АСППВР) на объектах НПЗ, особенностей их технического обслуживания, методов размещения, опасных событий и их связи с газосигнализаторами;
- разработать группу моделей для оценки числа датчиков, установленных вокруг наружных технологических установок разной формы, и числа мероприятий по их калибровке;
- разработать алгоритм расчета регламентированного времени диагностирования газосигнализаторов и количественного состава бригады для его проведения в установленный срок;
- провести оценку регламентированного времени проведения мероприятий технического обслуживания газосигнализаторов с учетом применения разработанных моделей;
- разработать модель оценки готовности газосигнализаторов к использованию в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов;
- разработать предложения по применению выводов, полученных при моделировании, в архитектуре нейронной сети по оценке качества технического обслуживания газосигнализаторов на наружных технологических установках НПЗ;
- разработать алгоритм управления диагностическими мероприятиями для подтверждения готовности газосигнализаторов на наружных технологических установках НПЗ с применением нейронной сети.

3. Научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертации

Научная новизна исследования заключается в совершенствовании методического аппарата моделирования процессов технического обслуживания оборудования полевого уровня АСУ ТП. В рамках работы автором впервые получены следующие научные результаты:

- комплекс математических моделей для способа оценки регламентированного времени мероприятий технического обслуживания газосигнализаторов. С помощью таких моделей можно рассчитать необходимое число датчиков на наружных технологических установках НПЗ и адаптировать график их технического обслуживания к условиям окружающей среды;

- алгоритм расчета регламентированного времени диагностирования газосигнализаторов и количественного состава бригады для его проведения в установленные сроки, позволяющий определить время проведения калибровочных процедур для датчиков газосигнализаторов, требуемую численность персонала для проведения диагностических работ в плановый период;

- модель оценки готовности к применению газосигнализаторов в автоматизированной системе предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов, в составе которой разрушительный подпроцесс пожарной безопасности описывается марковским случайным процессом;

- алгоритм планирования диагностических мероприятий для подтверждения готовности газосигнализаторов, использующий результаты расчета свёрточной нейронной сети, при разработке архитектуры которой учтена стратегия технического обслуживания по текущему состоянию.

Теоретическая значимость полученных научных результатов состоит в развитии научных представлений о применении современных средств мониторинга газовоздушной среды на объектах нефтепереработки. Это развитие основано на систематизации и учёте практического опыта их эксплуатации в реальной рабочей обстановке.

Практическая значимость исследования заключается в возможности внедрения разработанных моделей и алгоритмов в системы поддержки принятия решений. Их применение позволит повысить качество оценки реальной обстановки на объекте и передать персоналу более точные данные о состоянии и готовности газосигнализаторов. Разработанный в работе подход обеспечивает готовность газосигнализаторов к работе, предотвращает переход в предаварийные состояния из-за внешних факторов и способствует оперативному принятию корректирующих решений, направленных на приведение их в готовность.

4. Личный вклад автора и оценка результатов диссертации

Личный вклад соискателя заключается в самостоятельной постановке научной задачи, формировании методологической базы и получении совокупности научно обоснованных результатов, обладающих теоретической

и практической значимостью. Автором диссертационного исследования выполнен комплексный анализ современного состояния проблем обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтепереработки, в частности в части функционирования автоматизированных систем предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов, что позволило выявить ключевые ограничения действующих подходов к техническому обслуживанию газосигнализаторов.

В ходе работы автором лично разработаны представленные к защите математические модели и алгоритмы. Существенным личным достижением является формализация процесса технического обслуживания газосигнализаторов как управляемого вспомогательного технологического процесса, что позволило применить аппарат теории вероятностей, теории случайных процессов и системного анализа для его описания и оптимизации.

Все расчеты и аналитические оценки, представленные в диссертации, выполнены автором лично с использованием разработанных моделей и алгоритмов.

Вклад автора также выражается в углублении теоретических представлений о функционировании газосигнализаторов в реальных условиях эксплуатации на объектах нефтепереработки, а также в разработке формализованных моделей, пригодных для дальнейшего развития и адаптации к другим классам опасных производственных объектов.

Использование результатов работы позволяет повысить достоверность информации о состоянии газосигнализаторов, снизить вероятность их отказов в критические моменты и, как следствие, уменьшить пожарный риск на объектах НПЗ.

Практическая значимость диссертации подтверждается внедрением разработанных моделей, алгоритмов и программных средств в деятельность отраслевых предприятий и организаций, занимающихся технической диагностикой и мониторингом, а также образовательных организациях высшего образования:

- нефтеперерабатывающий завод ООО «Первый Завод»;
- ООО «Центр мониторинга новых технологий»;
- ООО «Аверс»;
- ООО «СТД – Системы технической диагностики»;
- Академия ГПС МЧС России;
- РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

Оценка достигаемых результатов диссертации позволяет сделать вывод об их научной обоснованности, достоверности и практической реализуемости. Результаты апробированы на 13 научных, научно-технических, научно-практических конференциях, опубликованы в 18 рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России (включая 3 работы, индексируемые в международных базах данных) и подтверждены актами внедрения. В совокупности это свидетельствует о существенном личном вкладе автора в решение актуальной научно-технической задачи и о высоком уровне выполненного диссертационного исследования.

5. Структура и краткое содержание диссертации

Диссертационная работа Строгонова А.Ю. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых сокращений, списка литературы из 175 наименований и 2 приложений на 19 листах. Общий объем работы составляет 222 страницы текста, 23 таблицы и 45 рисунков.

Во **введении** обоснована актуальность работы, описываются объект, предмет и методы исследования, формулируются цель и задачи работы, представлены научная новизна и практическая значимость результатов, указаны средства обеспечения достоверности и обоснованности полученных результатов, приведены положения, выносимые на защиту, а также сведения об апробации, реализации и внедрении результатов работы, сведения о публикациях. Приведены сведения об объеме и структуре работы.

Первая глава **«Анализ применения газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения пожарных и взрывоопасных режимов на объектах нефтеперерабатывающих заводов»** посвящена анализу применения газосигнализаторов в АСППВР на объектах НПЗ.

В главе отмечена важность проведения мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на объектах ТЭК, в частности при течении непрерывных технологических процессов на НПЗ. Описана актуальность исследования мероприятий технического обслуживания газоаналитического оборудования на наружных технологических установках НПЗ. На основе выполненного анализа поставлены задачи исследования, решение которых позволит внести изменения в процесс обслуживания газосигнализаторов, функционирующих в составе АСППВР, с учетом условий неопределенности и большого объема взаимозависимых параметров.

Вторая глава **«Моделирование вариантов дисциплины технического обслуживания стационарных термохимических газосигнализаторов, установленных вокруг наружных технологических установок на объектах переработки нефти и газа»** содержит описание моделирования дисциплины технического обслуживания стационарных термохимических газосигнализаторов, установленных вокруг наружных технологических установок на объектах переработки нефти и газа. Речь идет о моделировании оценки количества датчиков газосигнализаторов, их готовности к применению, регламентированного времени работы, численности работников при диагностировании газосигнализаторов в АСППВР.

В ней помимо определения понятия «дисциплина» применительно к техническому обслуживанию стационарных термохимических газосигнализаторов разработаны и описаны следующие математические модели:

- расчета регламентированного количества выносных датчиков газосигнализаторов для трёх вариантов форм наружных технологических

установок;

- расчета регламентированного времени технического обслуживания выносных датчиков газосигнализаторов;

- вероятностной оценки готовности термохимических датчиков, установленных вокруг наружных технологических установок.

На основе полученных моделей в главе предложен алгоритм расчета регламентированного времени диагностирования газосигнализаторов и количественного состава бригады для его проведения в установленный срок.

Третья глава **«Предложения по изменениям в дисциплине технического обслуживания и контролю применения газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов»** содержит предложения по изменениям в дисциплине технического обслуживания и контролю применения газосигнализаторов в АСППВР на объектах НПЗ. Для уточнения минимального количества мероприятий технического обслуживания на объекте ТЭК в ней даны расчёты минимального количества датчиков для наружных технологических установок различной формы. Их длины периметров оценены исходя их статистических данных открытых источников.

В главе также приведены оценки числа и времени мероприятий обслуживания устанавливаемых на наружных технологических установках выносных датчиков газосигнализаторов и стоимости их обслуживания. Кроме того, в ней даны обоснование типа нейронной сети, которую было бы целесообразно применять для помощи в организации диагностирования газосигнализаторов, вариант её архитектуры и алгоритм планирования мероприятий технического обслуживания с её помощью. Оценка числа используемых в сверточной нейронной сети признаков выполнена на основе их анализа для конкретного варианта газосигнализатора – СТМ-10.

Четвертая глава **«Практическая реализация разработанных моделей и алгоритмов»** посвящена реализации разработанных моделей и алгоритмов в виде расчетных программ и аналитических оценок.

Тестирование работы сверточной нейронной сети для оценки готовности газосигнализаторов было проведено для 10 отобранных признаков, таких как диапазон атмосферного давления, диапазон влажности воздуха, содержание пыли в воздухе, содержание вредных веществ (сера, сероводород, мышьяк) и др. Подобный выбор был вызван тем, что для её работы с более, чем 100 признаками требуются не только значительные вычислительные мощности, но и продолжительное время.

Выполненное моделирование показало удовлетворительные результаты. Полученная сверточная нейронная сеть использовалась для моделирования состояний отдельных чувствительных элементов датчика СТМ-10. Она разрабатывалась в интерпретаторе Python и обучалась в течение 100 эпох (итераций по обучающему набору данных) с условием, что на выходе было необходимо получить 10 классов готовности данного

датчика. По результатам обучения модели её точность составила 89 %.

В заключении приведены основные научные и практические результаты работы и предложения в области применения авторских разработок.

В приложениях представлены свидетельства о государственной регистрации программ для электронно-вычислительных машин и акты о внедрении результатов диссертационной работы.

6. Публикации и программные продукты по диссертации

В рамках диссертационного исследования опубликовано 18 работ в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России (включая 3 работы, индексируемые в международных базах данных), 13 докладов и тезисов – в сборниках научных трудов и материалах международных, всероссийских конференций. Получено 8 свидетельств Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы апробировались в форме докладов на научных и научно-практических конференциях, были опубликованы в сборниках научных трудов конференций.

Требования к публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, предусмотренные пунктами 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, соискателем выполнены полностью. При использовании в работе материалов других исследований соискатель ссылается на них в диссертации.

7. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации дает полное представление о полученных научных и практических результатах диссертационного исследования Строгонова А.Ю. Текст автореферата отражает содержание диссертационной работы.

8. Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в практической деятельности на нефтеперерабатывающих предприятиях для оптимизации процесса диагностирования газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов. Разработанные модели и алгоритмы могут позволить принимать обоснованные решения по оперативной оценке готовности оборудования полевого уровня АСУТП, планированию диагностических мероприятий и корректировке сроков калибровки с учетом реального износа, влияния внешней среды и других эксплуатационных факторов, что способствует снижению пожарного риска на наружных технологических установках. Также результаты могут быть использованы

при совершенствовании регламентов мониторинга взрывоопасных зон на объектах ТЭК.

В образовательном процессе результаты могут быть применимы для подготовки специалистов в области пожарной безопасности, включая интеграцию в рабочие программы дисциплин, связанных с эксплуатацией систем автоматической противопожарной защиты объектов ТЭК, актуальными методами диагностики в системах мониторинга пожаровзрывобезопасности.

9. Замечания по диссертации

Представленная диссертация Строгонова А.Ю. не лишена недостатков. В качестве замечаний по диссертации следует отметить следующее:

- отмеченная в работе метрика качества модели 89% получена на синтетическом наборе данных, что может не соответствовать эффективности модели при рассмотрении реально собранных данных из-за различий в распределениях и наличия шумов. Для решения задачи классификации при несбалансированных классах необходимо было рассмотреть дополнительные метрики для оценки модели, например, такие как точность, полнота, взвешенное среднее между точностью и полнотой. Также для оценки классификаторов можно было бы построить матрицу ошибок;
- в исследовании присутствует отсылка на сложность в получении реальных данных для обучения модели прогнозирования класса готовности датчиков термохимического газосигнализатора, однако не представлен план возможного формирования и дальнейшего накопления актуального набора данных. Кроме того, не совсем строго описан план возможной интеграции разработанной модели в структуры уже функционирующих на производстве АСППВР с учётом актуальных нормативных требований в области безопасности АСУТП при использовании конфиденциальной информации и сведений о функционировании критически важных объектов;
- автор вводит важный показатель уровня готовности оборудования, определяемый как отношение потенциально готовых датчиков к их общему числу, однако его нормативный статус и сопоставимость с применяемыми в отрасли подходами к оценке надежности и работоспособности средств противопожарной защиты раскрыты недостаточно. В текущем виде остается неясным, как предлагаемый показатель соотносится с регламентируемыми требованиями к надежности, и какие допущения (по отказам, восстановлению, периодичности контроля) заложены в расчет;
- требует пояснения выражение (автореферат с.5) «...разрушительный подпроцесс ПБ...», а также каким образом (автореферат, с. 14) «...обеспечение ПБ (пожарная безопасность) на объектах нефтепереработки, характеризуется случайными климатическими и погодными изменениями...»?
- во введении диссертации приведено 7 (семь) научных задач, в заключении изложено 5 результатов выполнения задач, в связи с этим,

требуются пояснения о полноте и завершенности поставленных задач.;

- в заключении диссертации указано, что «...в диссертационной работе решена важная для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности научно-техническая проблема...», что соответствует уровню докторской диссертации.

Отмеченные выше замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Строгонова А.Ю. и носят рекомендательный характер.

10. Выводы

Диссертация Строгонова Андрея Юрьевича на тему «Модели и алгоритмы диагностирования газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов» соответствует областям исследований паспорта научной специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки) по пункту 13 «Методы планирования, оптимизации, отладки, сопровождения, модификации и эксплуатации функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом» и пункту 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСПП и др.»

Текст диссертации и автореферата написаны ясным языком с использованием общепринятой терминологии. Работа структурирована по содержанию и отличается логичностью изложения материала. Все основные положения и выводы достаточно полно аргументированы.

Диссертация Строгонова Андрея Юрьевича является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. В работе решены задачи, связанные с получением посредством разработанных новых моделей и алгоритмов более точной информации о состоянии и готовности газосигнализаторов к применению с учетом предотвращения перехода их в предаварийные режимы, вызванные влиянием внешних факторов.

Диссертационное исследование соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, в части требований, предъявляемых к работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Строгонов Андрей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

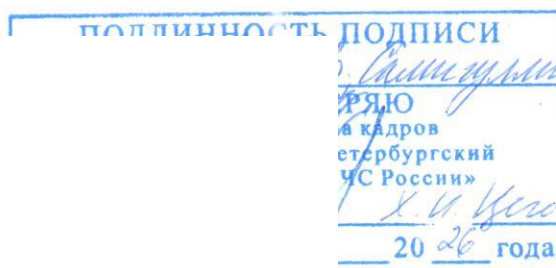
Отзыв ведущей организации на диссертацию Строгонова Андрея Юрьевича заслушан, рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры прикладной математики и безопасности информационных технологий ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России", протокол № 8 от 02.03.2026 г.

Заведующий кафедрой прикладной математики
и безопасности информационных технологий
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»
кандидат технических наук, доцент


Матвеев Александр Владимирович

Профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России"
доктор технических наук, профессор


Самигуллин Гафур Халафович



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева» (ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России).

Адрес: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект 149.

Телефон: +7 (812) 645-20-15.

Эл. почта: pr@igps.ru

Сайт: <https://igps.ru/>