

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата технических наук Рябцева Николая Алексеевича
на диссертационную работу Строгонова Андрея Юрьевича
«Модели и алгоритмы диагностирования газосигнализаторов
в автоматизированных системах предотвращения предпожарных
и взрывоопасных режимов», представленную к защите на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3.
Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (технические науки)

Представленная на защиту диссертационная работа Строгонова Андрея Юрьевича отражает появление новых тенденций в развитии автоматизированных систем предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов (АСППВР), являющихся составной частью автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности. Исследуются особенности снижения достоверности мониторинга довзрывных концентраций горючих газов и повышения пожарного риска на объектах критически важной инфраструктуры топливно-энергетического комплекса. Работа выполнена на кафедре автоматизации технологических процессов РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

В исследовании автор решает задачу снижения вероятности срабатывания термохимических датчиков газосигнализаторов при превышении концентрации горючих газов в воздушной массе, вызванного некорректным учётом реального расхода технического ресурса и влиянием внешних факторов в действующих подходах к планированию технического обслуживания данных приборов. В работе предлагается новый подход диагностирования газосигнализаторов на нефтеперерабатывающих заводах для предотвращения возможных техногенных аварийных ситуаций на ранней стадии обнаружения.

Объем и структура диссертации отвечают выбранной теме исследования и критериям, установленным ВАК Минобрнауки России для кандидатских диссертаций по техническим наукам. Работа содержит введение, четыре главы, заключение, библиографический список из 175 источников и приложения, занимающие 19 страниц. Общий объем диссертации – 222 страницы, включая 45 иллюстраций и 23 таблицы.

В.С. 6/12/25 16.03.2026

Современные требования к ускорению и интенсификации производственных процессов обуславливают необходимость внедрения новых информационных технологий, которые, в свою очередь, вносят изменения в характер поддержки принятия решений в области обеспечения пожарной безопасности. Стабильная работа всех систем нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) обеспечивается в том числе качеством работы оборудования первого уровня информирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Диагностические мероприятия на приборах информирования АСУТП первого уровня, к которым относятся газосигнализаторы, планируются и проводятся в соответствии с предложенными их производителями циклами поверки и калибровки. Это позволяет оперативному персоналу предприятия быть уверенными в том, что их показания не будут искажены влиянием среды. Однако, каталитическое отравление чувствительных элементов довольно широко распространённых термохимических датчиков газосигнализаторов в периоды между указанными событиями затрудняет объективный контроль состояния воздушной среды вокруг объектов НПЗ лицами, принимающими решения (ЛПР). Это может регулярно приводить к получению недостоверных данных о нижнем концентрационном пределе распространения пламени на отдельных участках наружных технологических установок (НТУ).

В этой связи диссертационное исследование Строгонова А.Ю. дополняет ранее проводимые исследования в рассматриваемой области научных знаний. Представленные в работе модели и алгоритмы показывают, что применение полученных соискателем результатов в АСППВР даст возможность повысить эффективность данных систем при обеспечении пожарной безопасности на технологически сложных и пожаровзрывоопасных объектах нефтепереработки.

Выполненный в работе соискателем подробный анализ ранее проведённых исследований выявил, что моделирование особенностей поведения термохимических датчиков не затрагивало комплексных оценок их размещения на объектах НПЗ, планирования и динамики

работы дежурного персонала, влияния климатических особенностей на состояние оборудования контроля газовоздушной среды. Необратимое снижение чувствительности датчиков, как показано в исследовании, обусловлено физическим износом чувствительных элементов, воздействием на них окружающей среды, а также отравлением катализатора устанавливаемых на НТУ выносных датчиков.

Исходя из изложенных обстоятельств, тему, выбранную автором для диссертационной работы, следует признать актуальной, а само исследование – своевременным и значимым для теории и практики развития научного направления, связанного с описанием новых методов снижения рисков возникновения нештатных ситуаций на всех этапах технологического цикла нефтепереработки.

Соискатель определил **объект, предмет и цель** исследования, опираясь на обоснованную актуальность темы. Предмет – модели и алгоритмы, оказывающие управляющее воздействие на процесс диагностирования газосигнализаторов в АСППВР, объект – вспомогательный технологический процесс технического обслуживания АСППВР. Целью исследования является совершенствование технического обслуживания АСППВР на основе моделей и алгоритмов диагностирования газосигнализаторов. В работе также сформулирован ряд задач для достижения поставленной цели диссертации, включающий анализ процессов диагностирования газосигнализаторов в АСППВР на объектах НПЗ, разработку моделей и алгоритмов для определения количества минимально допустимого числа датчиков, регламентированного времени обслуживания, численного состава работников, оценку готовности газосигнализаторов к использованию.

Во введении обоснована актуальность темы и степень её научной разработанности, сформулированы цель и задачи, а также определены объект и предмет исследования. В разделе раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, представлены положения, выносимые на защиту. Кроме того, приведены сведения о достоверности, апробации работы и её количественных характеристиках.

В первой главе проведён комплексный анализ применения газосигнализаторов в составе АСППВР на объектах НПЗ. Дополнительно подтверждена актуальность темы на основе статистических данных о пожарах и взрывах на опасных производственных объектах, характеризующих устойчиво высокий уровень аварийности и рост материального ущерба. Рассмотрены особенности функционирования оборудования нижнего уровня информирования АСУТП, дана классификация газоаналитических средств по физическим методам и конструктивному исполнению. Обоснован выбор стационарных термохимических газосигнализаторов для контроля довзрывных концентраций горючих газов, выполнено их сравнение с оптическими и электрохимическими аналогами. Особое внимание уделено вопросам особенностей калибровки и поверки датчиков, влиянию дрейфа нуля, технологических и климатических факторов на снижение чувствительности датчиков. По результатам анализа сформулированы задачи исследования, направленные на совершенствование процесса технического обслуживания газосигнализаторов в условиях неопределённости и влияния множества взаимосвязанных параметров.

Во второй главе описана математическая модель дисциплины технического обслуживания стационарных термохимических газосигнализаторов, функционирующих в составе АСППВР на НТУ объектов переработки нефти и газа. Дано теоретическое обоснование понятия «дисциплина» как управляющего воздействия, формирующего план технического обслуживания с учётом целевых функций надёжности, трудоёмкости и затрат. Сформирована интегральная модель выбора рационального сценария обслуживания на основе свёртки параметрической матрицы. Разработаны модели определения регламентированного количества датчиков для НТУ различной геометрической формы, расчёта планового времени обслуживания и численного состава бригад. Предложена марковская модель оценки готовности совокупности датчиков с учётом разрушительного и восстановительного подпроцессов. На основе

системы дифференциальных уравнений получен инструмент прогнозирования уровня нормированной надежности АСППВР.

В третьей главе представлены предложения по корректировке дисциплины технического обслуживания и контролю применения газосигнализаторов в составе АСППВР на объектах НПЗ. На базе разработанных моделей автор рассчитывает минимально необходимое число датчиков для НТУ различной формы, увязывая объём работ по обслуживанию с длиной периметров установок, оценённых по статистике из открытых источников. Следует отметить детальную проработку частного примера для термохимического газосигнализатора СТМ-10. Уточнены состав и временные характеристики процедур технического обслуживания. Показано, что теоретические оценки завышены относительно наблюдений, а число учитываемых параметров достигает нескольких сотен на один датчик и кратно возрастает для требуемого числа НТУ. Обосновано применение свёрточной нейронной сети для прогнозирования количества неготовых датчиков и сроков поверки, калибровки. Предложен вариант архитектуры нейронной сети и алгоритм управления диагностическими мероприятиями, а также обозначены необходимые условия для создания модели, её обучения и тестирования, связанные со сбором сведений из журналов регистрации работ по техническому обслуживанию и ремонтам.

В четвертой главе описана практическая реализация разработанных моделей и алгоритмов в виде расчетных программ и аналитических оценок. Представлены порядок и логика ввода исходных данных пользователем через интерфейс для вычисления регламентированного числа газосигнализаторов в пожаровзрывоопасных зонах НТУ (для многоугольной, произвольной и прямоугольной геометрии), а также программный модуль оценки готовности, регламентированного времени работы и численности персонала при техническом обслуживании газосигнализаторов для внедрения в информационную подсистему АСППВР. Заслуживают внимания результаты моделирования на реальном производственном объекте. Показано, что применение программ повышает точность расчета числа датчиков по ТУ-газ-86 и состава бригад обслуживания. Дополнительно приведено тестирование свёрточной

нейронной сети для оценки готовности приборов (метрика качества модели - 89 %) на 10 отобранных признаках и описан алгоритм генерации синтетических данных. Намечены перспективы расширения набора признаков для более точной классификации готовности и выбора типа реакции ЛПР.

В заключении приведены теоретические и практические результаты, полученные соискателем в процессе выполнения научного исследования.

В приложениях представлены акты о внедрении результатов исследования и свидетельства Роспатента о регистрации программ на ЭВМ.

Необходимо отметить логичность построения диссертации и рациональное распределение материала по главам. Текст изложен понятным грамотным научным языком, соблюдены требования к оформлению диссертации и автореферата, которые полностью соответствуют друг другу по содержанию. Результаты диссертации опубликованы в 18 работах, в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России, 8 свидетельств о государственной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. Основные результаты диссертации представлены на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Ценность научных результатов заключается в развитии методов моделирования процессов диагностирования оборудования нижнего уровня информирования АСУТП, а также в развитии научных представлений об использовании термохимических газосигнализаторов в реальных условиях на объектах НПЗ с учетом накопленного опыта их эксплуатации.

В рамках диссертационного исследования лично автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью:

- группа математических моделей для способа оценки регламентированного времени проведения мероприятий технического обслуживания газосигнализаторов в зависимости от влияния нескольких групп параметров (параметров модели чувствительных элементов датчика, климатических факторов, параметров работы персонала);

- алгоритм расчета регламентированного времени диагностирования газосигнализаторов и количественного состава бригады для его проведения в установленный срок;

- модель оценки готовности газосигнализаторов к применению в АСППВР при оценке динамики переходов состояний совокупности датчиков термохимических газосигнализаторов на объекте НПЗ;

- алгоритм планирования диагностических мероприятий для подтверждения готовности газосигнализаторов в АСППВР на НТУ НПЗ, учитывающий результаты расчёта свёрточной нейронной сети.

Работа в целом производит хорошее впечатление. Автором обработан значительный объем источников как по общему направлению исследований, так и по смежным дисциплинам. Это демонстрирует высокую подготовку соискателя с теоретической и практической сторон. Для поставленных в исследовании задач им применён математический аппарат системного анализа, теории вероятностей и математической статистики, теории графов.

Обоснованность и достоверность полученных в исследовании результатов подтверждается аргументированным применением указанного выше математического аппарата, корректностью постановок задач, вводимых допущений и ограничений, непротиворечивостью полученных результатов предшествующим исследованиям, а также апробацией через обсуждение на конференциях различного уровня и публикацию в рецензируемых журналах и изданиях. Кроме того, примечательно, что результаты внедрены в нескольких отраслевых компаниях, а также в двух образовательных организациях высшего образования, что подтверждается наличием ряда актов о внедрении.

Теоретическая значимость полученных результатов состоит в развитии научных основ применения стационарных термохимических датчиков и газосигнализаторов на объектах НПЗ. Уточнены и формализованы представления о влиянии эксплуатационных факторов (климат, форма площадки, агрессивность среды, особенности работы персонала) на деградацию чувствительности и готовности средств газового контроля. Обосновано использование математического аппарата (в том числе марковских процессов, комбинаторных методов,

теории графов) для описания динамики состояний «готов/не готов» и поддержки планирования технического обслуживания по текущему состоянию.

Практическая значимость определяется возможностью прикладного использования разработанных моделей и алгоритмов в составе информационных подсистем и систем поддержки принятия решений АСППВР на НПЗ. Обеспечивается расчет нормативно требуемого числа датчиков, объема и регламентированного времени диагностирования, а также параметров организации работ с учетом реальных условий эксплуатации. Это повышает точность и оперативность предоставления ЛПР сведений о текущем состоянии и готовности газосигнализаторов, позволяет заблаговременно выявлять тенденции к переходу в предаварийные режимы под воздействием внешних факторов и своевременно формировать управленческие решения по приведению оборудования АСУТП в допустимый класс готовности.

В качестве замечаний и рекомендаций по работе можно отметить следующее:

1. Не в полной мере показано, каким образом применение разработанных моделей и алгоритмов может способствовать увеличению периода безотказной работы отдельных датчиков и системы в целом. В этой связи целесообразно было бы установить возможные механизмы, через которые предлагаемые подходы могут поддерживать именно продление ресурса и профилактику отказов. Основное внимание уделено совершенствованию процедур контроля и своевременного обслуживания по мере естественного снижения характеристик оборудования, тогда как вопросы профилактического предотвращения деградации рассмотрены менее подробно.

2. Довольно подробно описана новая модель оценки готовности, рассматривающая переходы совокупности датчиков между состояниями «готов» и «не готов». Вместе с тем для возможного практического применения данной модели представляется полезным дополнительно уточнить вопрос о наличии и способе определения критической границы

(порога) работоспособности информационной подсистемы АСППВР при частичном отказе датчиков.

3. Было бы целесообразно дополнить исследование сравнением результатов решения задачи классификации с помощью нескольких типов нейронных сетей (возможно, гибридных) и дать более развернутое обоснование выбора именно свёрточной нейронной сети для прогнозирования сроков технического обслуживания газосигнализаторов.

Указанные недостатки носят рекомендательный характер, не снижают научной и практической значимости диссертационной работы Строгонова А.Ю. и её общей положительной оценки. В целом работа выполнена на достаточно высоком профессиональном уровне и является завершённым научным исследованием, научно-квалификационной работой, содержащей решение научной задачи, имеющей значение для развития нефтегазовой отрасли Российской Федерации. Решение поставленных в диссертационной работе задач носит актуальный и своевременный характер.

Диссертационная работа оформлена в соответствии со всеми установленными требованиями, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе Строгонова А.Ю. в науку. В диссертации приведены подробные сведения, свидетельствующие о практическом использовании полученных Строгоновым А.Ю. научных результатов.

Содержание автореферата отражает основные положения и результаты диссертационной работы.

Диссертация соответствует паспорту 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.».

Результаты анализа диссертации свидетельствуют о том, что диссертационная работа соответствует установленным критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, согласно Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 16.10.2024)), а автор работы, Строгонов Андрей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Официальный оппонент:

Начальник отдела развития средств обнаружения Федерального казенного учреждения «Научно-исследовательский центр «Охрана» Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации, кандидат технических наук



Рябцев Николай Алексеевич

«05» марта 2026 г.

Подпись Рябцева Николая Алексеевича заверяю.

Помощник начальника Федерального казенного учреждения «Научно-исследовательский центр «Охрана» Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации (по кадрам)



Тюрина Ирина Вячеславовна

Федеральное казенное учреждение «Научно-исследовательский центр «Охрана»
Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации

Адрес: 111539, г. Москва, ул. Реутовская, дом 12Б

Телефон: +7 (499) 781-79-85. Адрес электронной почты: nicohrana@rosgvard.ru