

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, доцента Ильюшина Юрия Валерьевича
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)

1. Актуальность диссертации

Диссертационная работа Строгонова Андрея Юрьевича посвящена разработке моделей и алгоритмов, позволяющих предотвратить возникновение опасных предпожарных режимов, обусловленных ошибками в оценке реальной обстановки на таких критически важных предприятиях топливно-энергетического комплекса, как нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), вследствие получения недостаточно точной информации от установленных для её контроля датчиков термохимических газосигнализаторов.

С целью недопущения пожароопасных ситуаций из-за снижения достоверности показаний приборов нижнего уровня измерения и контроля в автоматизированных системах управления технологическими процессами на объектах нефтепереработки проводятся диагностические мероприятия. Их планирование рассчитано на подтверждение готовности газосигнализаторов к применению. Эти процессы частично включены в состав автоматизированной системы предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов (АСППВР). Однако, на участках наружных технологических установок НПЗ катализаторы чувствительных элементов довольно широко распространённых в применении термохимических датчиков постоянно подвергаются дополнительному разрушению по причине физического износа и воздействия внешних факторов. Возникает неконтролируемый дрейф их нуля, который может привести к некорректной оценке обстановки на объектах. Диссертация соискателя направлена на изучение возможностей снижения такого отклонения с помощью применения новых алгоритмов диагностирования с применением в процессе работы с АСППВР свёрточных нейронных сетей.

Стоит обратить внимание на актуальные противоречия между установленными регламентами технического обслуживания и реальной динамикой потери чувствительности термохимических датчиков в специфических условиях функционирования НПЗ. На практике такие факторы, как дезактивация катализатора чувствительных элементов химическими соединениями, климатические воздействия и топология

Вх 5 6/23 от 06.03.2026

местности, делают стандартные графики проверок недостаточно эффективными, что создает риск несвоевременного обнаружения взрывоопасных концентраций. Предлагаемый в работе новый подход планирования диагностических мероприятий позволяет реализовать концепцию обслуживания по фактическому состоянию. Это обеспечивает лицу, принимающему решения, оперативную и более точную информацию о готовности каждого прибора и способствует снижению вероятности возникновения аварийных ситуаций на взрывопожароопасных объектах нефтепереработки, что в свою очередь соответствует государственному приоритету в области модернизации систем противопожарной защиты с использованием новых высокотехнологичных решений.

2. Оценка достоверности

полученных результатов и научной новизны диссертации

В процессе исследования Строгоновым А.Ю. лично получены следующие новые результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработан комплекс математических моделей, предназначенный для оценки регламентированного времени мероприятий технического обслуживания газосигнализаторов. Предложенный инструментарий позволяет последовательно рассчитать минимально возможное (в соответствии с действующими нормативными документами) количество устанавливаемых датчиков вокруг наружных технологических установок на объектах переработки нефти, а также количество мероприятий по их обслуживанию с учетом влияния факторов внешней среды.

2. Разработан алгоритм расчёта регламентированного времени диагностирования газосигнализаторов и количества работников для его проведения в требуемые сроки. Предложенный подход позволяет установить расчетную продолжительность калибровочных процедур для датчиков газосигнализаторов, а также обосновать число специалистов для своевременного выполнения диагностических работ.

3. Предложена новая модель оценки готовности к применению газосигнализаторов в АСППВР. Для нее выполнен расчет динамики переходов состояний совокупности датчиков термохимических газосигнализаторов на объекте НПЗ с учетом проводимых диагностических мероприятий.

4. Разработан алгоритм планирования диагностических мероприятий для подтверждения готовности газосигнализаторов к применению в АСППВР, учитывающий рекомендации по времени ТО газосигнализаторов по итогам расчета выходных данных сверточной нейронной сети. При разработке её архитектуры учтена стратегия технического обслуживания по текущему состоянию. Предлагается проводить анализ данных на основе авторской архитектуры нейронной сети.

Достоверность научных результатов подтверждается логической непротиворечивостью постановки задач, корректным применением для математического моделирования методов теории вероятности и математической статистики, теории случайных процессов, теории графов. В диссертации использованы репрезентативные статистические данные, полученные в ходе исследования функционирования газосигнализаторов на производственных объектах. Результаты диссертации прошли всестороннюю экспертную оценку на публичных выступлениях на научно-технических конференциях, а также при публикации работ в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России, продемонстрировав преемственность и развитие существующих научных подходов.

3. Теоретическая и практическая значимость диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в уточнении и расширении научных представлений об особенностях эксплуатации газосигнализаторов в специфических условиях функционирования объектов нефтепереработки на основе обобщения опыта их применения.

Практическая значимость диссертации заключается в возможности интеграции разработанных моделей и алгоритмов в системы поддержки принятия решений для анализа оперативной обстановки на объекте. Полученные результаты обеспечивают более достоверное информирование операторов, диспетчеров о состоянии и степени готовности датчиков газосигнализаторов к эксплуатации с учетом предотвращения их перехода в предаварийные режимы под воздействием внешних факторов. Предложенный автором подход способствует развитию рекомендательных систем для быстрого принятия решений, направленных на реализацию мер по поддержанию работоспособности оборудования нижнего уровня информирования АСУТП.

4. Анализ структуры диссертации, публикаций и личного участия

Следует отметить, что диссертационная работа выполнена на достаточно высоком профессиональном уровне и является завершенным научным исследованием. Поставленные в ней задачи являются актуальными, а их решение своевременным. Общий объем работы составляет 222 страницы машинописного текста, 23 таблицы, 45 рисунков. Структура исследования соответствует содержанию и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых сокращений, списка литературы из 175 наименований и 2 приложений на 19 листах.

Список основных работ, опубликованных по теме выполненной работы, свидетельствует о личном вкладе автора в получение основных результатов, выносимых на защиту. Результаты диссертационного исследования опубликованы в 18 работах в рецензируемых изданиях, включенных в перечень ВАК России (в том числе 3 работы,

индексируемые в международных базах данных). Получено 8 авторских свидетельств Роспатента о государственной регистрации программ для ЭВМ. Результаты обсуждались на 13 международных и всероссийских конференциях и получили одобрение ведущих специалистов.

Автореферат и публикации автора соответствуют основному содержанию диссертационной работы.

5. Общая характеристика исследования

Диссертационное исследование обладает логически выстроенной композицией, внутренней целостностью, выполнено с корректным использованием научной терминологии. Содержание работы характеризуется достаточной степенью детализации, полнотой и последовательностью изложения, что обеспечивает наглядное представление решения поставленных задач и достижение научных результатов. В главах диссертации изложено полное описание проведённого исследования. Характер и уровень представления результатов свидетельствуют о наличии исследовательской методологии и завершённости работы. Библиографический список насчитывает свыше 100 публикаций отечественных и зарубежных авторов.

Во введении автором обоснована актуальность повышения пожарной безопасности объектов топливно-энергетического комплекса, прежде всего нефтеперерабатывающих заводов, определены основные направления диссертации, описан объект, предмет и методы исследования, сформулирована цель и задачи исследования, направленные на совершенствование технического обслуживания газосигнализаторов с учетом фактического расходования технического ресурса. Также представлены научная новизна и практическая значимость результатов, указаны средства обеспечения достоверности 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 посвящена анализу применения газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов на объектах нефтепереработки. Рассмотрены причины высокой аварийности на наружных технологических установках. Показано, что значительная доля пожаров и взрывов связана с недостаточной достоверностью мониторинга довзрывных концентраций горючих газов. Обоснован выбор стационарных термохимических газосигнализаторов как основного объекта исследования с учетом их эксплуатационных преимуществ и уязвимостей. Установлено, что существующая регламентная периодичность технического обслуживания не всегда отражает реальное

снижение чувствительности датчиков под воздействием внешней среды и технологических факторов.

Во второй главе описано моделирование дисциплины технического обслуживания стационарных термохимических газосигнализаторов, установленных вокруг наружных технологических установок различной геометрии. Разработаны математические модели оценки регламентированного времени обслуживания, количества мероприятий по калибровке с поправкой на агрессивность среды и вероятностной оценки готовности датчиков, описываемой марковским процессом с учетом разрушительных и восстановительных подпроцессов. Предложен интегральный критерий эффективности дисциплины технического обслуживания, учитывающий технические, климатические, организационные и экономические параметры. Сформирован алгоритм расчета времени диагностирования газосигнализаторов и численного состава бригад, обеспечивающий поддержание нормативного уровня надежности системы, а также позволяющий оптимизировать затрачиваемые ресурсы при соблюдении требуемых сроков обслуживания.

В третьей главе разработаны предложения по корректировке дисциплины технического обслуживания газосигнализаторов на объектах нефтепереработки. Выполнены расчетные оценки минимально необходимого количества датчиков и объема обслуживающих мероприятий для наружных технологических установок различной формы с учетом оценки их периметров. Обосновано применение сверточной нейронной сети для прогнозирования состояния чувствительных элементов датчиков газосигнализаторов и поддержки принятия решений по планированию обслуживания. Предложен алгоритм управления диагностическими мероприятиями, позволяющий адаптировать планы технического обслуживания к текущему состоянию оборудования и условиям эксплуатации.

Четвертая глава посвящена практической реализации разработанных моделей и алгоритмов в виде программных модулей и аналитических расчетов. Описаны структура входных данных, интерфейс и логика функционирования программ для расчета количества датчиков, времени обслуживания и численности персонала. Приведены результаты тестирования сверточной нейронной сети на 10 отобранных признаков, подтвердившие корректность и приемлемую точность при решении задачи классификации готовности датчиков газосигнализаторов СТМ-10. Показано, что внедрение разработанных решений в информационные подсистемы автоматизированных систем предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов позволяет повысить обоснованность управленческих решений и снизить пожарный риск на объектах нефтеперерабатывающих заводов.

Содержание каждой главы обобщено в выводах. **В заключении** сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Приложения содержат сведения о свидетельствах о государственной регистрации 8 программ для электронно-вычислительных машин, разработанных для практической реализации моделей и алгоритмов. Также представлены акты о внедрении результатов в промышленные организации и образовательные организации высшего образования, подтверждающие практическую применимость.

6. Замечания и предложения по диссертационной работе и автореферату

По результату изучения диссертации и автореферата имеются следующие замечания и предложения:

- при исследовании проблемы дрейфа нуля для датчиков термохимических газосигнализаторов целесообразно было бы привести больше примеров, иллюстрирующих связь данного отклонения показаний датчиков и последующих опасных аварийных ситуаций или критических событий на предприятиях нефтепереработки;

- на стр. 49 приведена статистика Ростехнадзора причин аварий на объектах нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств и объектах нефтепродуктообеспечения за 5 лет. Среди причин аварий: нарушение требований организации работ по техническому обслуживанию оборудования. Было бы интересно более развернуто отразить характеристики нарушений данных требований, так как возможно они могли бы иметь дополнительное развитие при описании дисциплины технического обслуживания во 2 главе работы;

- в работе следовало бы более подробно описать процесс прогнозирования остаточного ресурса датчиков, долговечности системы АСППВР в изменяющихся условиях. Модель готовности, основанная на марковских процессах, описывает переходы между состояниями «готов/не готов», но не моделирует динамику накопления расходования ресурса ЧЭ, которая в конечном итоге и определяет долговечность. Факторы деградации (отравление катализатора, воздействие агрессивной среды) учтены лишь как параметры, влияющие на частоту отказов. Однако было бы целесообразно учесть их модели как процессы, прогнозируемые во времени;

Все вышперечисленные замечания и предложения носят рекомендательный характер, не снижают общей научной и практической ценности представленной работы и в целом являются пожеланиями по дальнейшим исследованиям.

7. Заключение

Таким образом, диссертация Строгонова Андрея Юрьевича на тему: «Модели и алгоритмы диагностирования газосигнализаторов в автоматизированных системах предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов» является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые значимые

результаты, имеющие важное значение для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности и направленные на снижение пожарного риска на производственных объектах за счёт совершенствования управляющего воздействия на автоматизированные системы предотвращения предпожарных и взрывоопасных режимов.

По своему содержанию диссертация полностью соответствует специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки), а именно областям исследований паспорта данной научной специальности: пункту 13 «Методы планирования, оптимизации, отладки, сопровождения, модификации и эксплуатации функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом», пункту 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСТПП и др.».

Считаю, что оппонируемая диссертационная работа по актуальности, научно-теоретическому уровню, достоверности и оригинальности полученных результатов, обоснованности научных положений, выводов и практической значимости полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 16.10.2024)), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её 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).

Официальный оппонент

доцент, доктор технических наук, декан экономического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»


Ильюшин Юрий Валерьевич

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Адрес: 21-я линия, д. 2, Санкт-Петербург, 199106

Телефон: +7 (812) 328-8966

E-mail: ilyushin_yuri@pers.spmu.ru





ния делопроизводства
итооборота
25.02.2026
Е.Р. Яковлева