

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «ТГТУ»,
Доктор технических наук, профессор

Д.Ю. Муромцев

(подпись)

«23»

(дата, м.п.)

2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» на диссертационную работу Меркурьева Сергея Алексеевича **«Повышение эксплуатационной надежности непрерывных технологических процессов с использованием динамической экспертной системы»**, представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)»

Актуальность темы диссертационного исследования.

Тема диссертационной работы связана с разработкой методики повышения эксплуатационной надежности технологических процессов. Диссертация Меркурьева С.А. посвящена решению следующих задач: детектированию дефектов в технологических процессах; формированию гипотез о причинах предаварийных состояний с помощью теории свидетельств; разработке архитектуры динамической экспертной системы с помощью которой выявляются причины предаварийных состояний и выдаются рекомендации по их устранению.

Современные непрерывные многостадийные технологические процессы, характерные для химической, нефтегазовой и других отраслей промышленности, отличаются высокой сложностью и потенциальной опасностью. Выход таких процессов из стационарного режима может привести к значительным экономическим потерям, техногенным авариям и

экологическому ущербу. В связи с этим тема диссертационной работы Меркурьева С.А., посвященная разработке методики повышения эксплуатационной надежности таких процессов с использованием современных методов искусственного интеллекта (теории свидетельств Демпстера-Шафера) и алгоритмов обработки данных в реальном времени (метод двойного скользящего окна) для их использования в динамической экспертной системе, не вызывает сомнений.

Анализ структуры и содержания диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 106 наименований и приложения. Работа содержит 157 страниц основного текста, 25 таблиц, 15 рисунков.

Во введении (стр. 5-9) обосновывается актуальность исследования, сформулированы цель, решаемые задачи, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе (стр. 10-30) проведен глубокий анализ современных подходов к повышению эксплуатационной надежности непрерывных производств, выявлены их недостатки и обоснована необходимость разработки новых методик.

Во второй главе (стр. 31-53) содержатся положения диссертации, составляющие ее научную новизну, а именно:

1. Использование алгоритма обработки потоковых данных для обнаружения точек бифуркации (метод двойного скользящего окна).
2. Формирование гипотез о причинах возникновения дефектов с использованием теории Демпстера-Шафера.
3. Использование динамической экспертной системы для уточнения дефекта.

Также в главе рассмотрен процесс производства неконцентрированной азотной кислоты на примере агрегата УКЛ-7 и его основные стадии. Определены основные измеряемые и вычисляемые диагностические параметры технологического процесса.

В третьей главе (стр. 53-61) представлена практическая реализация разработанной методики в виде программного комплекса динамической экспертной системы. В главе подробно описана структура разработанного программного комплекса и приведены блок-схемы алгоритмов модулей динамической экспертной системы.

В четвертой главе (стр. 61-84) представлено экспериментальное обоснование алгоритма обнаружения аномалий и определения момента бифуркации на основе метода двойного скользящего окна. Обосновано использование метода теории Демпстера-Шафера для формирования гипотез о причинах возникновения дефектов. Представлены результаты экспериментальных исследований на реальном объекте – производстве неконцентрированной азотной кислоты (агрегата УКЛ-7), подтвердившие эффективность разработки.

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования, говорящие о достижении цели работы и решения поставленных задач.

В приложении приведены акт об использовании результатов диссертационного исследования на действующих производствах акционерного общества – новомосковская акционерная компания “Азот”. Также в приложении приведены деревья отказов и значения основных измеряемых технологических показателей.

Цель работы, объект и предмет исследования.

Целью работы является повышение эксплуатационной надежности непрерывных многостадийных технологических процессов на примере производства неконцентрированной азотной кислоты.

Объектом исследования является многостадийный технологический процесс производства неконцентрированной азотной кислоты.

Предметом исследования являются средства и методы повышения эксплуатационной надежности непрерывного технологического процесса с помощью измерения и вычисления технологических переменных, модели и

методы определения точек перехода случайного процесса изменения технологических переменных из стационарного в нестационарный режим (точек бифуркации) с помощью двойного скользящего окна. Модели искусственного интеллекта для формирования гипотез о причинах возникновения дефектов и неработоспособных состояний с использованием теории свидетельств и принятия решений по локализации и устранению дефектов с помощью динамической экспертной системы.

Теоретическая значимость, научная новизна и практическая ценность результатов диссертации.

В рамках выполнения диссертационной работы Меркурьев С.А. осуществил формулировку цели и задач исследования, получение новых научных и практических результатов, формирование выводов по работе.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в том, что для решения задачи повышения эксплуатационной надежности технологического процесса предложена методика, которая объединяет в систему принятия решений три обоснованных подхода: метод двойного скользящего окна для определения точек бифуркации, теория свидетельств для формирования гипотез о причинах неработоспособных состояний и дефектов технологического процесса и динамическая экспертная система для выявления и уточнения неработоспособных состояний и дефектов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в создании и обосновании методики повышения эксплуатационной надежности функционирования непрерывных многостадийных технологических процессов с использованием динамической экспертной системы, в которой применяются разработанные и экспериментально обоснованные методы двойного скользящего окна для определения точек бифуркации, теории свидетельств для формирования гипотез о причинах неработоспособных состояний и дефектов технологических процессов и средства логического вывода для принятия решений по диагностике непрерывных многостадийных производств.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в разработке программного комплекса, реализующего предложенную методику, и внедрении результатов исследования в системах управления технологическими процессами на действующих производствах акционерного общества - новомосковская акционерная компания "Азот".

Достоверность результатов исследований.

Достоверность полученных результатов и выводов работы подтверждается корректной постановкой цели и задач исследования. В диссертации использовались современные методы теоретического и экспериментального исследования для подтверждения достоверности результатов работы, основные положения работы согласованы с целью диссертационного исследования.

Апробация работы и публикации по диссертации.

Основные результаты диссертационной работы докладывались Меркурьевым С.А., обсуждались и были опубликованы в сборниках трудов российских и международных конференций. По материалам диссертационного исследования опубликовано 4 печатные работы: 2 статьи в рецензируемых журналах, включенных в список ВАК; 1 статья в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus и Web of Science, 1 статья в научном журнале из списка РИНЦ.

Рекомендации по использованию результатов исследования.

Результаты диссертационной работы Меркурьева С.А. рекомендуется использовать для повышения эксплуатационной надежности для непрерывных многостадийных технологических производствах.

Замечания по диссертационной работе.

1. В диссертации недостаточно подробно раскрыты ограничения применяемых методов, в частности, теории Демпстера-Шафера (например, вычислительная сложность при комбинировании большого числа гипотез) (стр. 47-49 и 72-79).

2. Требуются дополнительные разъяснения по выбору размеров скользящих окон и интервалов дискретизации в методе двойного скользящего окна, а также оценка влияния этих параметров на точность обнаружения точек бифуркации (стр. 67-72).
3. В четвертой главе (стр. 62-84) не хватает сравнительного анализа с другими современными методами (например, машинное обучение или глубокие нейронные сети).
4. В работе не предоставлен анализ возможных рисков при внедрении разработанной системы (например, ложные срабатывания, необходимость обучения персонала).
5. В третьей главе (стр. 54-61) не предоставлено сравнение разработанного программного комплекса с существующими коммерческими аналогами.

Отмеченные недостатки не являются существенными и не снижают высокого качества диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе

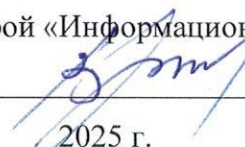
Диссертация Меркурьева Сергея Алексеевича «Повышение эксплуатационной надежности непрерывных технологических процессов с использованием динамической экспертной системы» является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложена новая методика повышения эксплуатационной надежности непрерывных многостадийных технологических процессов. Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

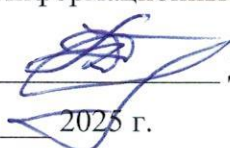
Автореферат отражает содержание диссертации, стиль изложения выполнен на хорошем уровне. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих рецензируемых журналах. Работа

соответствует научно-техническому уровню, достаточному для кандидатских диссертаций и оформлена в соответствии с требованиями, предъявленными ВАК РФ.

Диссертационная работа по актуальности, научной новизне и практической значимости полностью отвечает требованиям п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (ред. от 16.10.2024 г.), а её автор, Меркурьев Сергей Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Диссертационная работа и отзыв доложены, обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Информационные процессы и управление» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», протокол № 2 от 3 сентября 2025 г.

Заведующий кафедрой «Информационные процессы и управление»,
д.т.н., профессор  Матвейкин Валерий Григорьевич
« 03 » 09 2025 г.

Профессор кафедры «Информационные процессы и управление»,
д.т.н., профессор  Дмитриевский Борис Сергеевич
« 03 » 09 2025 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет»

Адрес: 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещение 2

Телефон: +7(4752) 63-10-19 Факс: +7(4752) 63-06-43

E-mail: tstu@admin.tstu.ru <https://www.tstu.ru>

ФГБОУ ВО «ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»	
Подпись  Матвейкина В.Г.	Подпись  Дмитриевского Б.С.
ЗАВЕРЯЮ	ЗАВЕРЯЮ
Начальник Управления кадровой политики	Начальник Управления кадровой политики
 Л.И. Соколова	 Л.И. Соколова
« 03 » 09 2025 г.	« 03 » 09 2025 г.

