



ВНИИАЭС
РОСАТОМ

ОРГАНИЗАЦИЯ АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»

**Акционерное общество «Всероссийский
научно-исследовательский институт по
эксплуатации атомных электростанций»
(АО «ВНИИАЭС»)**

Ферганская ул., д. 25, Москва, 109507
Телефон (499) 796-91-33, факс (495) 376-83-33

E-mail: vniiacs@vniiacs.ru

ОКПО 59085090, ОГРН 1027721007797

ИНН 7721247141, КПП 772101001

УТВЕРЖДАЮ:

Заместитель Генерального директора -
директор по технологическому
развитию, д.т.н., профессор

Н.Н. Давиденко

ОТЗЫВ

ведущей организации

**Акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский
институт по эксплуатации атомных электростанций»**

на диссертацию Коцоева Константина Игоревича «Разработка предиктивных методов и алгоритмов для систем диагностирования оборудования АЭС с ВВЭР», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Коцоева К.И. «Разработка предиктивных методов и алгоритмов для систем диагностирования оборудования АЭС с ВВЭР» (далее – Диссертационная работа) направлена на повышение качества функционирования существующих систем контроля и диагностирования оборудования энергоблоков АЭС и разработку новых подходов для заблаговременного выявления аномалий в работе оборудования, на основе применения различных современных методов математической статистики и машинного обучения.

Актуальность Диссертационной работы Коцоева К.И. обосновывается:

- направленностью Диссертационной работы на решение задач повышения уровней безопасности и надежности эксплуатации энергоблоков АЭС;
- возможностью повышения эффективности анализа информации, поступающей от автоматизированных систем контроля и диагностирования состояния оборудования АЭС, и, как следствие, снижение информационной загрузки оперативного персонала АЭС, путем практического внедрения результатов Диссертационной работы;
- развитием в рамках Диссертационной работы актуального направления технического диагностирования состояния оборудования АЭС (в том числе и подходов заблаговременного выявления аномалий в работе

оборудования) за счет применения современных методов анализа данных / машинного обучения.

Цель диссертационной работы

Целью Диссертационной работы является разработка новых научно обоснованных технических решений для повышения уровней безопасности и надежности эксплуатации оборудования АЭС. Цель Диссертационной работы достигается путем разработки и практического внедрения алгоритмов диагностирования оборудования АЭС с использованием современных методов анализа данных.

Научная новизна

Научная новизна Диссертационной работы Коцюева К.И. подтверждается разработкой новых оригинальных алгоритмов, методов и подходов в области контроля и диагностирования состояния оборудования АЭС, а именно:

- алгоритма выделения полезного сигнала в измерительных каналах системы акустического контроля течи энергоблока АЭС с реакторной установкой ВВЭР-1200 (далее – САКТ);
- метода проверки работоспособности измерительных каналов САКТ;
- подхода к анализу значений контролируемых параметров оборудования АЭС, посредством существующих систем контроля и диагностики, позволяющего универсальным образом заблаговременно выявлять отклонения (аномалии) в состоянии оборудования;
- алгоритма диагностирования состояния электроприводной арматуры (далее – ЭПА) энергоблоков АЭС.

Практическая значимость

Практическая значимость Диссертационной работы Коцюева К.И. подтверждается тем, что разработанные алгоритмы, методы и подходы внедрены в существующие автоматизированные системы контроля и диагностирования состояния оборудования АЭС и прикладное программное обеспечение, предназначенное для решения задач технического диагностирования оборудования, а именно внедрены в состав:

- САКТ энергоблоков № 1 и 2 Нововоронежской АЭС-2:
 - реализованный новый алгоритм выделения полезного сигнала в измерительных каналах обладает улучшенными показателями надежности (снижение частоты ложных срабатываний) и чувствительности (позволяет диагностировать течи с меньшим значением расхода), по сравнению с тем алгоритмом, который исходно был реализован в составе системы;
 - реализованный новый метод проверки работоспособности измерительных каналов САКТ обладает расширенными функциональными возможностями, по сравнению с тем алгоритмом, который исходно был

реализован в составе системы (реализована возможность определения не только дефектных измерительных каналов, но и дефектных акустических датчиков);

- комплексной системы диагностирования арматуры энергоблоков № 1 и 2 Нововоронежской АЭС-2 – реализован новый алгоритм диагностирования ЭПА, позволяющий в отличие от того алгоритма, который был исходно реализован в системе:

- автоматизировать процесс диагностирования ЭПА и, как следствие, исключить ошибки диагностирования, связанные с человеческим фактором;

- увеличить скорость диагностирования и выявления неисправности;

- прикладного программного обеспечения, разработанного ООО «Квант программ» и предназначенного для решения задач технического диагностирования оборудования – в рамках развития подхода анализа значений контролируемых параметров оборудования АЭС, позволяющего универсальным образом заблаговременно выявлять отклонения (аномалии) в состоянии оборудования, разработано несколько оригинальных методов, основанных на применении современных методов математической статистики и машинного обучения.

Достоверность и апробация результатов

Достоверность представленных в Диссертационной работе Коцоева К.И. результатов подтверждается проведением валидации разработанных новых алгоритмов, методов и подходов в области контроля и диагностирования состояния оборудования АЭС на экспериментальных данных (эксплуатационные архивы данных АЭС, результаты экспериментов на специализированных стендах).

Личный вклад автора Диссертационной работы заключается в разработке новых алгоритмов, методов и подходов в области контроля и диагностирования состояния оборудования АЭС и их практическом внедрении. Проведено самостоятельное исследование структуры данных, собираемых на АЭС, определены требования к предварительной обработке данной информации, и реализованы решения (алгоритмически и программно) для различных диагностических задач. По материалам Диссертационной работы опубликована одна монография и шесть научных статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Основные результаты Диссертационной работы были представлены на научно-технических семинарах и конференциях.

Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав с соответствующими выводами, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 122 страницы с 33 иллюстрациями и 4 таблицами.

Первая глава содержит обширный обзор методов анализа данных / машинного обучения, предварительной обработки данных и архитектур нейронных сетей. Главы со второй по пятую посвящены разработке конкретных алгоритмов, методов и подходов, предназначенных для использования в составе систем технического диагностирования оборудования АЭС и/или в составе специализированного программного обеспечения для анализа данных, с описанием методологии, результатов валидации и выводов.

Изложение материала отличается научной строгостью и формально-деловым стилем, соответствующим требованиям к диссертационным работам. Используется надлежащая терминология и нормативно-методическая база. Текст сопровождается иллюстрациями и таблицами, облегчающими восприятие технического содержания Диссертационной работы. Список литературы включает 128 источников, в том числе труды классиков в области математической статистики, технической диагностики и машинного обучения.

Соответствие содержания диссертации специальности

Содержание Диссертационной работы полностью соответствует паспорту специальности 2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность – в части разработки методов расчета технологических процессов в объектах ядерной техники с целью оптимизации из характеристик, повышения надежности оборудования и систем и обеспечения их ядерной и радиационной безопасности.

Замечания по диссертационной работе

1. Первая глава Диссертационной работы посвящена обзору методов математической статистики и машинного обучения, используемых для решения задач анализа данных в целом. В данной главе также рассмотрены ограничения по применимости данных методов с точки зрения математической логики их реализации. Однако, учитывая практическую направленность Диссертационной работы, было бы целесообразно расширить первую главу работы заключением с конкретными рекомендациями по применению тех или иных методов математической статистики и машинного обучения для решения задач технического диагностирования оборудования АЭС с учетом прикладной специфики данных задач и специфики данных, доступных для решения этих задач.

2. Во второй главе Диссертационной работы рассмотрены два альтернативных сценария решения задачи выделения полезного сигнала в

измерительных каналах САКТ. При этом оба сценария на уровне предложенных для использования методов машинного обучения никак не обоснованы. Целесообразно аргументировать выбор подходов к решению задачи, рассмотренной во второй главе Диссертационной работы, а также представить логическую связь между практическими рекомендациями по использованию методов математической статистики и машинного обучения для решения задач технического диагностирования оборудования АЭС (см. замечание 1) и выбранными методами для решения задачи, рассмотренной во второй главе.

3. Рассмотренный во второй главе Диссертационной работы подход выделения полезного сигнала в измерительных каналах САКТ предполагает построение моделей компонентов сигнала, обучаемых на исторических данных. При этом ничего не сказано о необходимости периодического переобучения данных моделей. Целесообразно расширить Диссертационную работу конкретными критериями переобучения используемых моделей компонентов сигнала в измерительных каналах САКТ, либо обосновать отсутствие необходимости в переобучении данных моделей.

4. Во второй главе Диссертационной работы отмечается, что реализованный подход выделения полезного сигнала в измерительных каналах САКТ позволяет более точно диагностировать течи в трубопроводах реакторной установки. Целесообразно в Диссертационной работе привести конкретные количественные характеристики функционирования САКТ до и после внедрения подхода, рассмотренного во второй главе работы (как минимум, целесообразно сравнить частоту ложных срабатываний системы).

5. В третьей главе Диссертационной работы отмечается, что разработанный алгоритм определения неисправности измерительных каналов САКТ обладает лучшими характеристиками по сравнению с алгоритмом аналогичного назначения, исходно реализованном в составе САКТ, но в главе отсутствует сравнительная количественная информация на этот счет. Целесообразно в Диссертационной работе привести конкретные количественные характеристики функционирования САКТ до и после внедрения подхода, рассмотренного в третьей главе работы.

6. В четвертой главе рассмотрено два алгоритма обнаружения аномалий в работе оборудования, основанных на применении методов машинного обучения. Также для этих алгоритмов в четвертой главе рассмотрены два статистических критерия, на базе которых принимается решение о наличии / отсутствии аномалий в работе оборудования. При этом в Диссертационной работе никак не аргументировано почему именно такие алгоритмы и критерии были рассмотрены, почему в таком количестве, не выбран лучший из них (либо не обоснованы условия по применения различных алгоритмов / критериев в различных ситуациях). Целесообразно добавить соответствующую аргументацию в четвертую главу работы.

Заключение

Отзыв составлен на основании заключения структурного подразделения АО «ВНИИАЭС» – отделения математического моделирования и тренажеростроения по результатам проведенного на его заседании обсуждения диссертации (Протокол № 1 от 27.01.2026). Диссертационная работа Коцоева К.И. и отзыв ведущей организации обсуждены и одобрены на заседании НТС АО «ВНИИАЭС» (Протокол № 2 от 05.02.2026).

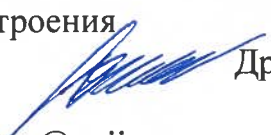
Диссертационная работа Коцоева Константина Игоревича «Разработка предиктивных методов и алгоритмов для систем диагностирования оборудования АЭС с ВВЭР» представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность является законченной научно-исследовательской работой по актуальной теме.

Диссертационная работа отличается научной новизной и практической значимостью, полностью соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель, Коцоев Константин Игоревич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.9 – Ядерные энергетические установки, топливный цикл, радиационная безопасность.

Заместитель директора ВНИИАЭС-НТП,
директор отделения математического
моделирования и тренажеростроения
АО «ВНИИАЭС», к.т.н.

раб. тел: 8 (499) 796-91-77

электронная почта: AADruzhaev@vniiAES.ru

 Друзаев Андрей Александрович

Личную подпись Дружаева А.А., заверяю

Ученый секретарь

АО «ВНИИАЭС»

раб. тел: +7 (495) 376-15-04

электронная почта: AAProsvirnov@vniiAES.ru

 Александр Алексеевич Просвирнов

Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (АО «ВНИИАЭС») 109507, Москва, ул. Ферганская д.25. Тел.: (499)796-91-33, факс: (495)376-83-33, e-mail: vniiAES@vniiAES.ru, www.vniiAES.ru