

ГУАП ОД	Документ зарегистрирован
	« <u>29</u> » <u>04.</u> 20 <u>26</u> г.
	Вх. № <u>81-119/26</u>

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по науке
д.ф.-м.н., доц.
Германенко Александр Викторович
«08» 04 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертацию **Костарева Вячеслава Сергеевича «Модели и методики для контроля и диагностики элементов активной зоны ядерного реактора»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды»

Актуальность диссертационной работы

Работа представляется весьма актуальной, поскольку в настоящее время при ужесточении требований к обеспечению безопасности ядерных реакторов происходит также рост требований к повышению энергетической эффективности использования ядерного топлива, что приводит к необходимости решения задач повышения точности контроля состояния активной зоны и обеспечения возможности дополнительного контроля состояния ее элементов (обеспечения физического разнообразия контроля) при удлинении продолжительности кампаний и разнообразии топливных композиций активных зон.

Контроль состояния активной зоны проводится при помощи двух видов детекторов нейтронного потока: внезонных в виде ионизационных камер и внутризонных в виде датчиков прямого заряда (ДПЗ). ДПЗ позволяют рассчитывать распределение плотности энерговыделения в объеме активной

зоны путем определения нейтронного потока в активной зоне при нормальной эксплуатации реакторной установки за счет своей повышенной чувствительности к потоку тепловых нейтронов

Для оценки технического состояния таких объектов разрабатываются системы технического диагностирования, включающие измерительные приборы и специализированное программное обеспечение. Однако, сегодня преждевременно говорить о создании комплексной методологии обработки показаний таких детекторов, включающей не только использование экспериментальной информации для контроля состояния активной зоны, но и получение информации для контроля состояния самих ДПЗ. Для контроля технического состояния самого ДПЗ необходимо моделировать процессы, происходящие в измерительной цепи датчика, с учетом того, что в процессе кампании активной зоны изменяются и параметры элементов, входящих в эту электрическую цепь.

Таким образом, научно обоснованное решение по разработке моделей и методик контроля и диагностики элементов активной зоны ядерного реактора в виде активационных ДПЗ и твэлов тепловыделяющей сборки (ТВС) активной зоны ядерного реактора, представляет собой актуальную научно-практическую задачу, успешно решаемую соискателем.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В диссертационном исследовании Костарева В.С. сформулированы следующие научные положения:

1. Комплексная математическая модель описания процессов, происходящих в ДПЗ при его работе, учитывающая совместное описание нейтронно-физических процессов в эмиттере датчика (генераторе β -частиц) и электрических процессов в его измерительной цепи, рассматриваемых при изменяющемся нейтронном потоке в активной зоне ядерного реактора;

2. Методика контроля технического состояния ДПЗ на основе дополнительной измерительной информации, полученной в стационарных и

динамических режимах работы активной зоны ядерного реактора, позволяющая повысить точность определения диагностических признаков датчика и элементов его измерительной цепи;

3. Методика определения размножающих свойств активной зоны (локальной реактивности) в динамических режимах работы активной зоны на основе показаний ДПЗ, позволяющая производить расчет локальных коэффициентов реактивности на основе измерительной информации, получаемой от ДПЗ.

Обоснованность научных положений, практической значимости и выводов обеспечена глубоким анализом современного состояния проблемы, рассмотрением существующих методов контроля и диагностики состояния элементов активной зоны ядерных реакторов и их ограничений. Последовательное решение поставленных задач подтверждает обоснованность всех сформулированных положений.

Достоверность и новизна научных положений и выводов

Теоретические и практические разработки, представленные в диссертации, имеют убедительное основание. Логика изложения выстроена последовательно: от анализа проблематики к созданию моделей и методик и их экспериментальной проверке. Широкий охват литературных источников, корректность применяемого математического аппарата обеспечивают глубину исследования и достоверность выводов.

Результаты исследований достаточно полно изложены в 16 работах, из них: 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 4 по специальности 2.2.8, в том числе 2 без соавторов), 1 патент на изобретение РФ, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ, 6 работ в материалах международных и всероссийских конференций, в сборниках научных трудов.

На основании вышеизложенного в диссертационной работе Костарева В.С. получены следующие основные научные результаты:

1. Применение представленной комплексной математической модели описания процессов, происходящих в ДПЗ при его работе, позволило производить учет как нейтронно-физических параметров эмиттера ДПЗ, так и возможного изменения параметров элементов в измерительной цепи детектора, и увеличить время работоспособности датчика на 30-40 % путем расширения его диапазона использования по величине сопротивления изоляции измерительного кабеля на 3- 4 порядка в сторону ее уменьшения.

2. Представленная методика контроля технического состояния ДПЗ на основе получения дополнительной измерительной информации в стационарных и динамических режимах работы активной зоны ядерного реактора позволила значительно повысить точность определения диагностических признаков.

3. Представленная методика определения размножающих свойств активной зоны (локальной реактивности) в динамических режимах работы ядерного реактора на основе показаний ДПЗ, позволила проводить дополнительный контроль величины локальной и интегральной реактивности активной зоны при изменении положения органов регулирования путем использования ДПЗ, как датчиков дополнительной информации, независимой, в том числе, от показаний ионизационных камер СУЗ.

Практическая значимость

Применение комплексной математической модели описания процессов, происходящих в ДПЗ при его работе, позволяет увеличить время работоспособности датчика на 30-40% путем расширения его диапазона использования по величине сопротивления изоляции измерительного кабеля на 3-4 порядка в сторону ее уменьшения.

Методика контроля технического состояния ДПЗ на основе дополнительной измерительной информации, полученной в стационарных и динамических режимах работы активной зоны ядерного реактора, позволяет снизить погрешность повысить точность определения диагностических признаков ДПЗ до 2 раз.

Методика определения размножающих свойств активной зоны на основе локальных коэффициентов реактивности, вычисленных по показаниям ДПЗ в динамических режимах работы активной зоны позволяет обеспечить дополнительный контроль реактивности активной зоны при изменении положения органов регулирования системы управления и защиты путем использования для этого показаний ДПЗ, как датчиков, размещаемых независимо от ионизационных камер системы управления и защиты.

Результаты работы внедрены в деятельность АО «Атомэнергопроект», а также используются в учебном процессе ФГАОУ ВО СПбПУ Петра Великого в г. Санкт-Петербурге при подготовке студентов в Высшей школе атомной и тепловой энергетики, что подтверждено соответствующими актами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты работы целесообразно использовать на предприятиях Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», использующих водо-водяные ядерные реакторы, как энергетические, так и исследовательские. Предложенные автором модели и методики позволяют совершенствовать процесс контроля состояния элементов активной зоны реакторов типа ВВЭР.

Внедрение результатов рекомендуется осуществлять на основе зарегистрированных в ходе работы программ для ЭВМ и патента на изобретение. Их интеграция в систему внутриреакторного контроля позволит реализовать дополнительную возможность осуществлять мониторинг энергонапряженности и технического состояния элементов активной зоны с учетом их фактического состояния. Помимо этого, оператор энергоблока сможет производить оценку локальной и интегральной величин реактивности в переходных режимах работы ВВЭР-1200, основываясь на показаниях ДПЗ.

Также предложенные автором модели и методики целесообразно включить в учебные курсы для студентов, направление подготовки которых связано с проектированием и эксплуатацией ядерных реакторов. Это будет

способствовать формированию у будущих специалистов компетенций в области внутриреакторного контроля.

Оценка структуры и содержания работы

Содержание диссертации полно и корректно отражает полученные результаты в прямой связи с заявленными целью и задачами исследования. Порядок изложения выстроен последовательно: от постановки проблемы и анализа нормативно-методической базы и работ в области внутриреакторной диагностики к формированию моделей и методик и их валидации. Используемая терминология единообразна и соответствует общепринятым представлениям технической диагностики и реакторостроения. Обзор научных источников охватывает отечественные и зарубежные публикации в объеме, достаточном для критического анализа существующей проблематики. Положения, заимствованные из работ других авторов, снабжены корректными библиографическими ссылками.

По поставленной цели, задачам, основному содержанию и полученным результатам исследования диссертационная работа соответствует п. 1 «Научное обоснование новых и совершенствование существующих методов, аппаратных средств и технологий контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующее повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды», п.3 «Разработка, внедрение, испытания методов и приборов контроля, диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, способствующих повышению надёжности изделий и экологической безопасности окружающей среды», п. 6 «Разработка математических моделей, алгоритмического и программно-технического обеспечения обработки результатов регистрации сигналов в приборах и средствах контроля и диагностики с целью автоматизации контроля и диагностики, подготовки их для внедрения в цифровые информационные технологии» паспорта научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды»

Соответствие автореферата диссертационной работе

Содержание автореферата диссертации Костарева В.С. в полной мере отражает структуру, основные положения, научные результаты и выводы диссертационной работы.

Замечания и вопросы по диссертационной работе Костарева В.С.

1. Название диссертации могло бы более точно соответствовать её предмету – повышение надежности и эффективности ДПЗ для внутриреакторного контроля реактивности.

2. На наш взгляд не целесообразно включение в состав текста диссертации основных положений автореферата, далее подробно описанных в последующих главах работы.

3. Для реакторов ВВЭР главным процессом, определяющим реактивность и энерговыделение является деление ядер урана ^{235}U тепловыми нейтронами. Однако реальный спектр нейтронов в ВВЭР содержит также определенную долю нейтронов промежуточных и быстрых нейтронов, которые также приводят к эмиссии электронов при взаимодействии с родиевым эмиттером. Как этот эффект учитывался автором?

4. При длительной работе, вследствие выгорания родиевого эмиттера возникает систематическое изменение его эмиссионной способности. Как этот эффект учитывался автором?

5. ДПЗ, являясь источником тока в цепи, обладает также внутренним импедансом. Как этот эффект учитывался автором?

6. При длительной работе, вследствие радиационного воздействия жесткого гамма-излучения изменяются электрические свойства токопроводящих элементов измерительной схемы ДПЗ. Как этот эффект учитывался автором?

Указанные вопросы и замечания не снижают ценность и общую положительную оценку диссертации, не влияют на основные научные и практические результаты и не затрагивают основных положений, выносимых соискателем на защиту.

Заключение

Диссертационная работы Костарева В.С. представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, содержащую научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

По поставленной цели и задачам исследования, основному содержанию и полученным результатам диссертационная работа Костарева В.С. соответствует профилю научной специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (в действующей редакции). На основании вышеизложенного можно заключить, что автор диссертации Костарев Вячеслав Сергеевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 – «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды».


Заключение по диссертации принято на заседании кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии» Уральского федерального университета.

Присутствовали: 18 из 22 научно-педагогических работников структурного подразделения, «08» апреля 2026 года, протокол № 5 от 08.04.2026.

Результаты голосования: «за» - 18, «против» - 0, «воздержались» - 0.

Отзыв ведущей организации составили:

Заведующий кафедрой
«Атомные станции и
возобновляемые источники энергии»,
доктор технических наук, профессор

 Щеклеин
Сергей Евгеньевич

Профессор кафедры
«Атомные станции и возобновляемые
источники энергии»,
доктор технических наук, профессор



Велькин
Владимир Иванович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина», 620062, Свердловская обл., г.
Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, телефон: +7 (343) 375-44-44, сайт: <https://urfu.ru>,
e-mail: contact@urfu.ru.