



**Акционерное общество «Ордена Ленина
Научно-исследовательский
и конструкторский институт
энерготехники им. Н.А. Доллежала»
(АО «НИКИЭТ»)**

а/я 788, Москва, 101000
Телефон (499) 263-73-88, факс (499) 788-20-52
Телетайп: 611569 МОМЕНТ,
E-mail: nikiet@nikiet.ru, www.nikiet.ru
ОКПО 08624303, ОГРН 1097746180740
ИНН 7708698473, КПП 770801001

21 ОКТ 2025

№

022-06/18382

На №

от

О направлении отзыва

Учёному секретарю диссертационного
совета 24.2.326.08
РТУ МИРЭА
Андриановой Е.Г.

119454, г. Москва, пр-т Вернадского, д. 78

Техническому директору
АО «Моринформсистема-Агат-КИП»
Бодрову А.И.

agat-kip@yandex.ru

Направляю отзыв на автореферат диссертации Румянцева Сергея Сергеевича «Математическое моделирование в проектировании импульсного рефлектометрического уровнемера первого контура ядерной энергетической установки», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Приложение: отзыв на автореферат на 3 л. в 1 экз.

Ученый секретарь

А.В. Джалавян

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Румянцева Сергея Сергеевича «Математическое моделирование в проектировании импульсного рефлектометрического уровнемера первого контура ядерной энергетической установки», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена отсутствием эффективных решений измерения уровня дистиллированной воды в компенсаторе объема водо-водяных ядерных реакторов в экстремальных условиях эксплуатации (температура, вибрации, давление и радиация), отсутствием технической возможности ремонта и замены датчиков, работающих в данных условиях, а также их бездемонтажной поверки и калибровки. Решение данной проблемы потребовало от автора построения и обоснования математической модели импульсного рефлектометрического уровнемера (ИРУ) с повышенными показателями помехоустойчивости и точности, способного функционировать в тяжелых условиях первого контура ЯЭУ, проработки вопроса его бездемонтажной калибровки и разработки способа измерения температуры теплоносителя методом импульсной рефлектометрии.

Научная новизна результатов диссертационной работы С.С. Румянцева весьма обширна и определяется тем, что автором:

1. Сформулировано описание математической модели СВЧ-тракта импульсного рефлектометрического уровнемера, способного функционировать в условиях первого контура ЯЭУ, позволяющей выполнить математическое моделирование с использованием сред динамического моделирования (Matlab Simulink, LabView, SiminTech, VisSim и др.).
2. На основании проведенного исследования процесса бездемонтажной калибровки импульсного рефлектометрического уровнемера предложена методика калибровки ИРУ первого контура ЯЭУ по реперным меткам, обеспечивающая автоматическую коррекцию погрешности. Получен патент на изобретение.
3. Предложен способ измерения температуры теплоносителя первого контура ЯЭУ с водно-водяным ядерным реактором методом импульсной рефлектометрии с использованием зависимости температуры теплоносителя от относительной диэлектрической проницаемости при различном давлении.
4. Предложен алгоритм оптимизации аппроксимации экспериментальной зависимости температуры теплоносителя от относительной диэлектрической проницаемости по критерию минимума квадрата ошибок.
5. Разработан программный комплекс компьютерного моделирования, состоящий из программы для имитации работы ИРУ и программы для оптимизации аппроксимирующей функции, позволяющий проводить исследования процессов формирования эхо-сигналов ИРУ.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается внедрением результатов исследования в автоматизированную систему контроля параметров осадки океанографического исследовательского судна на предприятии АО «ПСЗ «Янтарь», и в производство уровнемеров серий КРУ и Агат-У в АО «Моринсис-Агат-КИП».

Достоверность полученных результатов обоснована корректным применением математических методов и подтверждена сравнительным анализом с данными натурных экспериментов.

Диссертация прошла апробацию на российских и международных конференциях. По материалам диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 4 в журналах из списка ВАК, 1 патент, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 9 в иных печатных изданиях и сборниках.

Замечания по тексту автореферата:

1. В третьей главе автор для поиска функциональной зависимости относительной диэлектрической проницаемости от температуры использует классический метод наименьших квадратов с квадратичной функцией потерь, обладающий особенностями (условия Гаусса-Макрова, которые сформулированы в соответствующей теореме), фактически не позволяющими его применять на реальных задачах, в которых присутствуют неисключённые погрешности и ошибки измерений, а именно: статистическая независимость наблюдений, некоррелированность, несмещённость и нормальное распределение остатков. Для дальнейшего применения в реальных условиях эксплуатации рекомендуется использовать робастную регрессию с нелинейной функцией потерь (медианная регрессия, регрессия Тейла-Шена, квантильная регрессия, регрессия на М-оценках Хьюбера, ранговая регрессия и т.д.), а также провести контрольное сравнение на конкретных эксплуатационных данных АЭС.

2. При описании второй главы диссертации в автореферате автором написан вывод о том, что *«результатом использования данного метода калибровки является компенсация влияния колебаний температуры и давления на относительную диэлектрическую проницаемость теплоносителя и сухого пара в ёмкости первого контура ЯЭУ»*, однако, из текста автореферата не понятно, в чем именно заключается предложенный автором «метод калибровки ИРУ», как предложенная конструкция реперных меток используется в этом методе, и за счёт чего она позволяет компенсировать колебания температуры и давления.

3. При расчете погрешности измерения длин затопленного и незатопленного участков чувствительного элемента ИРУ $\Delta I_z^*, \Delta I_{nz}^*$ соответственно не учитываются характеристики средств измерений в реальных условиях эксплуатации, что не позволяет вычислить суммарную погрешность измерений, которая, в соответствии с требованиями нормативных документов в области обеспечения единства измерений (например, ГОСТ 8.736-2011 – для многократных измерений или Р 50.2.038-2004 – для однократных измерений), зависит от неисключённой систематической погрешности средств измерений, а также от случайной составляющей, характеризующей разброс измеряемой величины. Также в автореферате отсутствуют фактические точностные характеристики вычисленной погрешности измерения длин затопленного и незатопленного участков, в связи с чем затруднительно оценить точность предложенного автором метода.

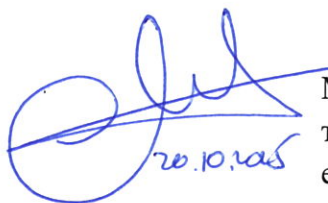
4. В автореферате при описании научной новизны и четвертой главы упоминается разработанный автором *«программный комплекс»*, состоящий из двух отдельных, независимых программ для ЭВМ, которые решают различные автономные задачи, написаны в различных средах программирования (SimInTech и GNU Octave) и никак не связаны друг с другом. При этом, в соответствии с ГОСТ 19.101-77 *«Единая система программных документов. Виды программ и программных документов»*, программный комплекс – это *«программа, состоящая из двух или более компонентов и(или) комплексов, выполняющих взаимосвязанные функции, и применяемые самостоятельно или в составе другого комплекса»*. Очевидно, что разработанные автором программы для ЭВМ не являются программным комплексом, т.к. каждая из программ решает отдельную, не связанную с другой программой задачу.

5. При описании второй главы в формулах по расчету длин затопленного l_3 и незатопленного $l_{нз}$ отрезков чувствительного элемента ИРУ, используются переменные $c, v_3^*, v_{нз}^*$, к которым отсутствует описание и размерности, что делает затруднительным понимание данных формул. Также по тексту автореферата погрешности измерения длин затопленного и незатопленного участков обозначены через $\Delta l_3^*, \Delta l_{нз}^*$ соответственно, однако после этого почему-то приведены формулы для Δl_3 и $\Delta l_{нз}$. В целом, в автореферате отсутствует нумерация формул, что делает затруднительным упоминание той или иной формулы..

Несмотря на сделанные замечания, диссертация С.С. Румянцева, судя по автореферату, в целом, соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Сергей Сергеевич Румянцев, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Я, Матвеев Евгений Леонидович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Начальник отдела специальных
программных средств АО
«НИКИЭТ», канд. физ.-мат. наук



Матвеев Евгений Леонидович
тел. (499)743-07-06
e-mail: matveevel@nikiet.ru

Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежаля» (АО «НИКИЭТ»), а/я 788, Москва, 101000, тел. +7 (499) 263-73-37, e-mail: nikiet@nikiet.ru

Подпись Матвеева Е.Л. заверяю

Учёный секретарь АО «НИКИЭТ»



А.В. Джалавян