

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

ФГБОУ ВО «ВГТУ», д.т.н., доц.

А.В. Башкиров

2025 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» на диссертационную работу Невежина Виталия Николаевича «Влияние водных растворов на электрические характеристики линий передачи в широких диапазонах частот и температур», на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Актуальность темы диссертационной работы

Повышение требований к надёжности радиоэлектронных средств (РЭС), работающих в широком диапазоне климатических условий, обуславливает необходимость глубокого изучения влияния влаги, водных растворов и конденсата на электрические характеристики элементов высокочастотных модулей. Практика эксплуатации показывает, что значительная часть отказов связана с воздействием повышенной влажности, изменением электрофизических свойств поверхностных слоёв и возникновением паразитных токов. При этом линии передачи, являющиеся ключевыми элементами современных высокочастотных устройств, особенно чувствительны к изменению параметров окружающей среды. Таким образом, диссертационная работа Невежина В.Н., посвященная разработке моделей и методик оценки влияния водных растворов в широком диапазоне частот и температур, является актуальной и имеет существенное практическое значение.

Содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 117 наименований и двух приложений. Объем диссертации с приложениями – 130 страниц.

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, представлена научная новизна, а также его теоретическая и практическая значимость. Сформулированы положения, выносимые на защиту, приведены сведения об использовании, апробации и публикации результатов исследования, а также о личном вкладе соискателя.

В первой главе проведен обзор существующих методов оценки влияния температуры и влаги на электрические характеристики радиоэлектронных средств. По результатам раздела сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе приведены модель и алгоритм для вычисления электропроводности жидкого раствора в коаксиальной камере по измеренным S-параметрам при разной температуре. Представлена методика оценки электропроводности и вносимых потерь водных растворов при изменении температуры.

Во третьей главе выполнена оценка влияния типа покрытия, температуры и влажности на электрофизические характеристики микрополосковой и копланарной линий передачи. Представлено экспериментальное исследование методики оценки влияния пленки воды и слоя льда на частотные зависимости S-параметров микрополосковой линии.

В заключении представлены основные результаты диссертационного исследования, рекомендации по их использованию, а также перспективы дальнейшей разработки темы.

В приложениях приведены копии документов, подтверждающих внедрение и использование результатов исследования, а также индивидуальные достижения соискателя.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертационной работы, включая цель и задачи, решаемые в диссертации, где также перечислены основные результаты и выводы.

Научная новизна и ценность полученных соискателем результатов, выводов и рекомендаций

Научная новизна диссертации определяется следующими результатами.

1. Получена модель для оценки электропроводности воды, отличающаяся учетом положительных и отрицательных температур коаксиальной камеры с водой в контейнере и без нее на основе измеренных частотных зависимостей матриц коэффициентов рассеяния.

2. Разработана методика для оценки зависимости химического состава водных растворов от температуры окружающей среды, отличающаяся использованием измеренных матриц рассеяния коаксиальной камеры с образцами в контейнере и без, с наглядной визуализацией измеренных значений.

3. Разработана методика для оценки влияния температуры и влажности на электрические характеристики микрополосковой и копланарной линий передачи, отличающаяся использованием модели однородной пленки воды и слоя льда для имитации влияния климатического воздействия на РЭС.

Научная ценность диссертации также подтверждается 10 докладами по её результатам на научных конференциях разного уровня, в том числе 5 на конференциях, труды которых индексируются WoS и Scopus, а также на 3 конференциях, труды которых индексируются РИНЦ. Кроме того, опубликованы 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

Значимость результатов работы для науки и практики

Теоретическая значимость определяется тем, что исследовано влияние на частотно-зависимые матрицы рассеяния коаксиальной камеры с разными

водными растворами при их различной температуре и химическим составом, что позволило предложить оригинальный подход к оценке климатического воздействия на электрофизические характеристики микрополосковой и копланарной линий передачи. Показана связь между химическим составом раствора и температурой с использованием матриц рассеяния и метода главных компонент. Проведена модернизация существующей методики вычисления вносимых потерь материалов при температурном воздействии.

Практическая значимость заключается в том, что разработаны практические рекомендации для оценки влияния влаги и температуры на электрофизические характеристики микрополосковых и копланарных линий передачи. Показаны перспективы использования водных растворов для имитации климатического воздействия на линии передачи расположенных на печатных модулях РЭС. Разработаны практические рекомендации для измерения матриц рассеяния коаксиальной камеры при изменении температуры. Представлены рекомендации по дальнейшему совершенствованию существующих методик для оценки климатического воздействия на иерархические блоки и модули РЭС.

Практическая ценность диссертации подтверждена тремя актами о внедрении результатов. Результаты работы были использованы в четырех НИР, по совершенствованию подходов к анализу электромагнитной совместимости при автоматизированном проектировании радиоэлектронной аппаратуры. Предложено эффективное решение позволяющее оценивать влияние температуры и конденсата на матрицы рассеяния линий передачи без проведения длительных по времени измерений. Результаты внедрены в учебный процесс ФГАОУ ВО «ТУСУР».

Достоверность результатов работы и положений, выносимых на защиту

Обоснованность и достоверность результатов, изложенных в работе, основывается на применении аналитических методов, метода конечных элементов, метода конечных разностей во временной области, метода главных компонент и лабораторных экспериментов. Выполнено сравнение вычисленных и измеренных значений S -параметров линии передачи с пленкой воды и слоем льда, для которых использовались уже описанные в литературе модели.

Апробация результатов работы и публикации

Основные результаты диссертации докладывались на следующих конференциях:

1. Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР» (Томск, 2021)
2. Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (Томск, 2021)
3. International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices (Эрлагол, Алтай, 2021 и 2024)

4. UralSiberian conference on biomedical engineering, radioelectronics and information technology (Екатеринбург, 2022)

5. International Ural conference on electrical power engineering (Екатеринбург, 2022), Radiation and scattering of electromagnetic waves (Дивноморское, 2023).

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе

В работе представлены теоретические и практические результаты, применение которых может быть довольно широким. Представлены рекомендации по измерениям матрицы рассеяния коаксиальной камеры с разными веществами внутри при изменении ее температуры. Показана методика позволяющая симитировать влияние климатических факторов окружающей среды на электрические характеристики элементов РЭС, без проведения длительных по времени испытаний другими исследователями.

Замечания по работе

1. В работе исследуется воздействие плёнки воды и слоя льда, нанесённых непосредственно на поверхность линий передачи. При этом в диссертации не учитывается тот факт, что печатные модули защищаются влагозащитными покрытиями. Отсутствие в моделях промежуточного диэлектрического слоя влагозащитного покрытия, обладающего собственной толщиной и диэлектрическими параметрами, ограничивает применимость полученных результатов к реальным конструкциям РЭС.

2. В работе используются выражения «пленка воды на поверхности РЭС», «электрические характеристики РЭС» и другие в связке с термином «радиоэлектронное средство». Согласно действующим стандартам – РЭС это высокоуровневое понятие, а поскольку в работе исследуется влияние жидкости на электрофизические параметры линии передачи, то в данном контексте правильно использовать термины «электронный модуль», «печатный модуль», «печатная плата».

3. В разделе «3.4 Апробация методики оценки влияния пленки воды и слоя льда на частотные зависимости S-параметров микрополосковой линии» не указано каким образом и с какой точностью в натурном эксперименте контролировалась толщина пленки воды и льда. Отсюда возникает вопрос, как этот параметр влияет на точность полученных результатов?

При этом следует отметить, что указанные недостатки не снижают общую положительную оценку работы.

Заключение

Представленная на отзыв диссертация Небезина В.Н. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему, содержащую научно-обоснованные решения. Новые научные результаты, полученные диссертантом, значимы для науки и практики. Выводы и рекомендации обоснованы достаточно полно. Текст диссертации соответствует

выдвинутым защищаемым положениям. Текст автореферата соответствует тексту диссертации. Личный вклад автора в выполненное исследование обоснован в полной мере.

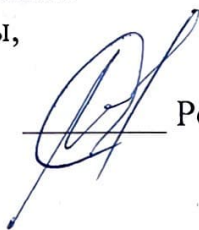
По поставленным задачам, полученным результатам исследования и в целом содержанию диссертационная работа соответствует профилю научной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Считаем, что диссертационная работа соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), а ее автор, Невежин Виталий Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Отзыв рассмотрен, обсужден и одобрен на научно-техническом семинаре кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет».

Результаты голосования: «за» - 15, «против» - 0, «воздержался» - 0.
Протокол № 2 от 21 ноября 2025 г.

Председатель НТС кафедры КИПР,
профессор кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры,
доктор технических наук,
доцент



Ромашенко Михаил Александрович

Адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84
телефон: +7 (473) 207-22-20
email: rector@cchgeu.ru
веб-сайт: <https://cchgeu.ru>

Подпись Ромашенко М.А. заверяю

