

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Невежина Виталия Николаевича

**«Влияние водных растворов на электрические характеристики линий
передачи в широких диапазонах частот и температур»,**

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Невежина В.Н. посвящена исследованию влияния влажности и температуры на работу линий передачи в составе радиоэлектронных средств (РЭС). Дестабилизирующее воздействие этих факторов приводит к изменению электрических параметров и характеристик РЭС, снижению их надежности и повышению риска сбоев. Проектирование защиты радиоэлектронных средств от внешних климатических воздействий может существенно увеличить стоимость, массу или сложность конечного изделия. Эта проблема чрезвычайно важна, учитывая широкое распространение РЭС в различных сферах человеческой деятельности, включая промышленность, быт, медицину и специальные назначения. Разработка новых методов и совершенствование методик по учету влияния климатических факторов на РЭС в конечном итоге обеспечивает надежную эксплуатацию РЭС в сложных климатических условиях.

Тем самым в диссертационной работе сделан ещё один шаг в развития методов исследования, проектирования РЭС в целях повышения надежности сложных изделий, и поэтому работа может быть признана важной и актуальной.

Анализ содержания диссертационной работы

В состав диссертации входят введение, 3 раздела, заключение, список сокращений, список источников из 117 наименований и 2 приложения, содержащие копии актов о внедрении результатов работы и индивидуальных достижений. Объем диссертации с приложениями составляет 130 страниц,

включая 62 рисунка и 4 таблицы. Работа целостная и структурированная.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, отражена научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В 1 разделе обоснована необходимость учета влияния температуры и влаги на элементы и устройства РЭС, а также представлены устройства по его оценке.

Во 2 разделе представлены модель и алгоритм для вычисления электропроводности водного раствора в коаксиальной камере по измеренным S -параметрам при разной температуре. Показано применение методик по оценки вносимых потерь водных растворов без органических материалов и с ними, учитывая температуру. Наглядно продемонстрировано влияние температуры на значения S -параметров коаксиальной камеры с разными водными растворами.

В 3 разделе предложена методика для оценки влияния температуры и влажности на электрические характеристики линии передачи. Приведены результаты моделирования S -параметров линии передачи с разными моделями воды и льда, что как утверждает диссертант, может имитировать влияние температуры и влаги в разных климатических зонах на электрические характеристики узлов РЭС. Выполнено моделирование и проведено экспериментальное исследование для подтверждения полученных результатов.

В заключении подведены итоги работы, сформулированы её научные и практические результаты, а также представлены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Созданная модель для оценки электропроводности воды отличается учетом положительных и отрицательных температур коаксиальной камеры с водой в контейнере и без нее на основе измеренных частотных зависимостей элементов матрицы рассеяния.

2. Разработанная методика для оценки влияния зависимости химического состава водных растворов в коаксиальной камере при разной температуре окружающей среды отличается использованием измеренных матриц рассеяния коаксиальной камеры с образцами в контейнере и без оных, с наглядной визуализацией измеренных значений.

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

Эти результаты расширяют границы существующих подходов и предлагают новые инструменты для расчета и оптимизации характеристик радиоэлектронных устройств.

Теоретическая значимость определяется следующим:

Исследовано влияние температуры и химического состава на частотно-зависимые матрицы рассеяния водных растворов.

Предложен нетрадиционный подход к оценке климатического воздействия на электрические характеристики линий передачи, основанный на электрических и геометрических параметрах конденсата.

Доказано наличие связи 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.

Автор разработал новую модель оценки электропроводности водных растворов, учитывающую широкий диапазон температур и частот. Данная модель позволяет точнее оценивать электрические параметры водных растворов, что способствует улучшению понимания взаимодействия электромагнитных волн с жидкостями и твердыми телами.

Предложенные методики и алгоритмы обеспечивают количественную оценку изменений электрофизических параметров водных растворов при различных условиях, позволяя создать более точные прогнозы влияния климатических факторов на работу РЭС.

Практическая значимость

Разработанные методики и рекомендации могут быть успешно применены в инженерной практике для проектирования и тестирования радиоэлектронных устройств, работающих в экстремальных климатических условиях. Результаты работы нашли применение в научно-исследовательских проектах и учебном процессе Томского университета систем управления и радиоэлектроники, что свидетельствует об их востребованности и практической ценности. Подтверждающие документы приведены в Приложении А.

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

Научные результаты, положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации Невежина В.Н., обоснованы и достоверны. Это подтверждается согласованностью результатов аналитических вычислений и численного эксперимента с результатами измерений лабораторных макетов. Также полученные результаты согласуются с данными из литературных источников.

Полнота опубликования результатов работы, соответствие автореферата содержанию диссертации

По тематике диссертационной работы опубликованы 10 статей, в т. ч. 2 статьи в журналах из перечня ВАК; 5 докладов в трудах конференций, индексируемых базами WoS и Scopus; 3 доклада в трудах отечественных конференций. Материалы диссертации достаточно полно изложены в опубликованных работах. Автореферат диссертации соответствует содержанию

работы, и содержит цель и задачи, методы исследования, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а также основные выводы и рекомендации. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации

Можно отметить следующие замечания:

1. Экспериментальные данные недостаточно подробно описаны. Не приведено четкого изложения процедуры калибровки приборов, которая обеспечивает воспроизведение и повторяемость результатов, позволяет исключить возможные систематические ошибки.

2. На рисунках 3.16–3.20 (страницы 95–101) значения параметра S_{21} превышают 0 дБ на некоторых участках частотного диапазона. Это противоречит физическому смыслу элементов матрицы рассеяния для пассивных устройств. В тексте работы не обсуждаются причины появления таких противоречивых значений.

3. Погрешность расчетов и измерений недостаточно обоснована. Хотя на некоторых графиках с экспериментальными данными приведены доверительные интервалы, нет разъяснений, для какой вероятности они были вычислены и на каком количестве измерений, или же это только систематическая инструментальная погрешность.

4. Оценка соответствия расчётных и экспериментальных данных выполнена методом FSV (Feature selective validation method), описанном в литературном обзоре. Однако обоснования выбора именно этого метода не приведено. Использование альтернативных статистических методов обработки данных, таких как регрессия или дисперсионный анализ, могло бы подтвердить выводы, сделанные на основе текущего подхода.

5. Выводы о влиянии водных растворов на электрические характеристики линий передачи не содержат обсуждения конкретных механизмов физических явлений, объясняющих наблюдаемые эффекты.

6. Несмотря на акты внедрения результатов диссертационной работы, практические рекомендации нуждаются в детализации. Важно описать конкретные шаги внедрения предложений в производственный цикл, чтобы облегчить их реализацию инженерами-практиками.

Заключение

Несмотря на отдельные недостатки, отмеченные выше, общие результаты работы достойны общей положительной оценки и признания научного сообщества. Диссертационная работа Невежина Виталия Николаевича «Влияние водных растворов на электрические характеристики линий передачи в широких диапазонах частот и температур» является законченным исследованием. Работа решает важные проблемы современной радиоэлектроники, предлагая новые эффективные методы оценки влияния водных растворов на электрические характеристики линий передачи.

Диссертационная работа удовлетворяет п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Невежин Виталий Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент

Stump.

Т.Д. Кочеткова

«02» декабря 2025 г.



ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
ВЕДУЩИЙ ДОКУМЕНТОВЕД
АНДРИЕНКО И. В.

Официальный оппонент: Кочеткова Татьяна Дмитриевна, канд. физ.-мат. наук (01.04.03 - Радиофизика), доцент, доцент кафедры радиоэлектроники НИ ТГУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, <https://tsu.ru>, 8 - (3822) - 52-98-52