



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**Институт теоретической и прикладной
электродинамики
Российской академии наук
(ИТПЭ РАН)**

125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 6
ОКПО 29012159, ОГРН 1027739263441
ИНН 7713020549, КПП 771301001

тел.: +7 (495) 484 2383
факс: +7 (495) 484 2633
e-mail: itae@itae.ru

№ 11406- 01-09/2440

26.11.2025г.

(дата)

на № 900-36/41 от 22.10.25

**Председателю совета по защите
диссертаций**

на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук,
24.2.327.01

на базе федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»

д.т.н., профессору Кузнецову Юрию
Владимировичу

Волоколамское ш., д.4, г. Москва, ГСП-3,
А-80,125993

Уважаемый Юрий Владимирович!

В соответствии с Вашим запросом (исх. № 900-36/41 от 22.10.2025) направляю отзыв ведущей организации на диссертацию Ларина Артема Андреевича «Дефектоскопия крупногабаритных радиопрозрачных укрытий, основанная на радиоволновом методе контроля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (технические науки).

Приложение: Отзыв ведущей организации, 2 экз. на 9 л. каждый.

Директор,

д.ф.-м.н.

С уважением
[Подпись]

К.Н. Розанов
УПРАВЛЕНИЕ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

26.11.2025г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**Институт теоретической и прикладной
электродинамики
Российской академии наук
(ИТПЭ РАН)**

125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 6
ОКПО 29012159, ОГРН 1027739263441
ИНН 7713020549, КПП 771301001

тел.: +7 (495) 484 2383
факс: +7 (495) 484 2633
e-mail: itae@itae.ru



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИТПЭ РАН,
доктор физико-математических наук

К.Н. Розанов

«25» 11 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук на диссертацию Ларина Артема Андреевича «Дефектоскопия крупногабаритных радиопрозрачных укрытий, основанная на радиоволновом методе контроля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (технические науки)

1. Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Ларина Артема Андреевича посвящена вопросу разработки способов организации радиоволнового контроля (измерения радиотехнических параметров) радиопрозрачных укрытий (РПУ) в различных производственных условиях (как в безэховой камере (БЭК), так и не в БЭК), а также разработке метода обнаружения дефектов (дефектоскопии) радиопрозрачной стенки РПУ по результатам проведенных измерений.

Современные РПУ в большинстве случаев изготавливаются из композиционных материалов. Кроме этого, технология изготовления крупногабаритных РПУ также осложнена в виду их больших габаритов, при этом на всех этапах формирования их стенок широко используется ручной труд. Иногда РПУ формируется из нескольких элементов, что добавляет в конструкцию изделия швы, что в свою очередь нарушает регулярность его стенки. Любое отклонение в технологическом процессе при изготовлении РПУ может привести к возникновению структурных дефектов (утолщений, расслоений и пр.) в его конструкции и, соответственно, изменению его радиотехнических параметров (радиопрозрачности), что негативно повлияет на параметры укрываемой антенной системы (на ее диаграмму направленности, коэффициент усиления и др.). Кроме этого, структурные дефекты могут приводить к нарушению механических (прочностных) свойств РПУ и к его преждевременному разрушению в процессе эксплуатации. В настоящее время для обнаружения структурных дефектов композиционных материалов используются методы неразрушающей дефектоскопии (ультразвуковой, радиографический и др.), а для оценки их радиопрозрачности отдельно проводится радиоволновой контроль. Объединение операций дефектоскопии (поиска дефектов) и радиотехнических параметров (радиоволнового контроля), предложенное автором, является давно напрашивающимся решением.

На сегодняшний день проблема радиоволнового контроля крупногабаритных РПУ до конца не изучена. Известно, что для повышения достоверности радиоволнового контроля радиопрозрачных стенок используются БЭК, снижающие (или почти исключают) влияние переотражений электромагнитной волны (ЭМВ) от конструкций помещения на точность измерений. Однако контроль крупногабаритных РПУ не всегда возможно организовать в БЭК в силу различных объективных обстоятельств (например, сложность и дороговизна транспортировки или отсутствие БЭК требуемых размеров), поэтому организация радиоволнового контроля РПУ вне БЭК иногда является вынужденной, но единственно возможной мерой.

Различные условия проведения измерений радиотехнических параметров РПУ требуют разработки разных подходов к их организации. Так при организации контроля в БЭК необходимо учитывать влияние переотражений ЭМВ между измерительными антеннами и стенкой РПУ. В случае необходимости организации измерений вне БЭК, на достоверность результатов измерений будут влиять не только переотражения ЭМВ между измерительными

антеннами и стенкой РПУ, но и переотражения от элементов конструкций помещения, в котором выполняются измерения (стены, пол и прочие), влияние которых также необходимо учитывать для повышения достоверности проводимых измерений.

Вышеизложенное подтверждает актуальность диссертационной работы Ларина Артема Андреевича на тему «Дефектоскопия крупногабаритных радиопрозрачных укрытий, основанная на радиоволновом методе контроля».

2. Цель работы

Целью диссертационной работы Ларина Артема Андреевича является разработка метода дефектоскопии практических конструкций крупногабаритных РПУ антенных систем, основанного на радиоволновом методе контроля. Для достижения поставленной цели в ходе диссертационного исследования автором решены следующие научные задачи:

- Выполнен анализ известных методов контроля качества крупногабаритных РПУ.
- Обоснован выбор радиоволнового метода контроля, а именно измерения радиотехнических параметров (величины потерь энергии и набега фазы ЭМВ) в качестве основы для проведения дефектоскопии крупногабаритных РПУ.
- Разработано метрологическое обеспечение дефектоскопии крупногабаритных РПУ, а именно, способов измерения радиотехнических параметров (величины потерь энергии и набега фазы ЭМВ) крупногабаритных РПУ в различных производственных условиях. Оценены погрешности измерений разработанными способами. Проанализировано влияние кривизны поверхности РПУ на достоверность измерения радиотехнических параметров его стенки.
- Разработан метод дефектоскопии крупногабаритных РПУ с применением цифровых методов обработки, позволяющий определять положение и форму дефекта. Оценен порог чувствительности этого метода.
- Сформированы критерии для первичного анализа обнаруженного дефекта (отклонение толщины обшивок и среднего слоя, увеличение связующего в любом из слоев) в конструкции стенки крупногабаритных РПУ.

3. Научная новизна исследований

Научная новизна исследований диссертации заключается в изложении и обосновании применения нового метода дефектоскопии крупногабаритных РПУ, основанного на радиоволновом методе контроля (измерении радиотехнических параметров стенки РПУ), и состоит в следующем:

- предложен способ организации радиоволнового метода контроля крупногабаритных РПУ в БЭК, позволяющий компенсировать влияние переотражений ЭМВ от стенки РПУ на результат (точность) измерений;
- предложен способ организации радиоволнового метода контроля крупногабаритных РПУ в слабобезэховых условиях (не в БЭК), позволяющий компенсировать влияние переотражений ЭМВ как от стенки РПУ, так и от конструкций полигона на результат (точность) измерений;
- предложен метод обнаружения дефектов в радиопрозрачной стенке РПУ по результатам радиоволнового контроля.

4. Практическая значимость работы

Предложенные средства и методы могут использоваться для решения актуальной задачи дефектоскопии радиопрозрачных укрытий из состава антенных систем различного назначения. Разработанный подход используется в ряде производственных предприятий, родом деятельности которых является производство РПУ.

5. Достоверность результатов исследований

Достоверность результатов исследований подтверждается результатами экспериментов и практической реализацией разработанного метода.

6. Апробация работы и публикации по диссертации

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». Москва, 23-27 ноября 2020 г.; 2-я Международная конференция «Композитные материалы и конструкции». Москва, 16 ноября 2021 г.;

Международная конференция «Космическая конференция». Москва, 27 апреля 2021 г.;

XXVIII Международный симпозиум им. А.Г. Горшкова, 16–20 мая 2022 г.

По теме диссертационной работы опубликовано 12 научных работ, в том числе 6 работ в российских журналах, включенных в перечень ВАК, 2 работы в изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science, 4 доклада опубликованы в сборниках трудов Международных и Всероссийских конференций. По результатам диссертационной работы получены 3 патента.

7. Содержание и основные результаты работы

Во введении автором обосновывается актуальность диссертационного исследования. Приведены цель и задачи исследования, проводимого в диссертационной работе, научная новизна, практическая значимость темы, положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассматриваются проблемы при изготовлении и контроле качества крупногабаритных РПУ. В первой главе приводятся основные материалы, из которых изготавливаются РПУ, и рассматриваются наиболее распространенные типы дефектов в их конструкциях. Приводится анализ известных на сегодняшний день методов контроля РПУ и обосновывается выбор радиоволнового метода контроля в качестве основы для проведения дефектоскопии. Также в первой главе обосновывается выбор основных измеряемых параметров в рамках радиоволнового контроля — величины потерь энергии и набега фазы ЭМВ в стенке РПУ.

Вторая глава посвящена описанию предложенных автором способов организации радиоволнового метода контроля крупногабаритных РПУ (как в БЭК, так и вне БЭК). Выполнена экспериментальная оценка погрешности измерения радиотехнических параметров (величины потерь энергии и набега фазы ЭМВ) предложенными автором способами. Для случая необходимости организации новой БЭК предложен алгоритм определения её оптимальной формы. Оценено влияние кривизны поверхности РПУ на достоверность результатов радиоволнового контроля параметров его стенки.

В третьей главе описан предложенный автором метод дефектоскопии крупногабаритных РПУ, основанный на радиоволновом методе контроля. Предложенный метод позволяет обнаруживать дефекты в радиопрозрачной стенке РПУ как на выделенной частоте, так и в диапазоне частот ЭМВ, а также выполнять первичный анализ обнаруженных дефектов с целью определения

вида отклонения в конструкции трехслойной стенки РПУ параметров её слоёв от параметров, указанных в конструкторской документации. Выполнена экспериментальная оценка порога чувствительности предложенного метода дефектоскопии.

В четвертой главе приведены результаты апробации предложенного автором метода дефектоскопии на примере контроля двух крупногабаритных РПУ, в рамках которого успешно обнаружены дефекты в их радиопрозрачной стенке и определен тип этих дефектов. Показан процесс устранения обнаруживаемых дефектов в радиопрозрачной стенке РПУ.

8. Замечания по работе

Диссертационная работа Ларина Артема Андреевича заслуживает положительной оценки, однако по ней имеются следующие замечания:

1) В разделе 1.4.2 не указан метод свободного пространства при определении диэлектрической проницаемости материалов, хотя в Списке литературы под номером [13] приведена статья, которая описывает стенд, обеспечивающий такие измерения.

2) В разделе 2.2.3, в котором описывается организация измерений радиотехнических параметров (не указано чего) в безэховой камере (БЭК) без коллиматора, не сказано, какого размера должна быть рабочая зона, чтобы проводить те или иные измерения.

3) В разделе 1.4.5 описаны проблемы при организации БЭК. Данная тема достаточно обширная и далека от темы диссертационной работы. В разделах 2.2.1 приведены алгоритмы определения оптимальной формы БЭК и предложен критерий качества БЭК. Приведённые варианты анализа качества БЭК в диссертации весьма поверхностные. Например, здесь не учитываются при определении безэховости камеры распространяющиеся гармоники Флоке, которые присутствуют в рассеянном поле пирамидального радиопоглощающего материала (РПМ), установленного в БЭК. Кроме этого, утверждение, что коэффициент отражения от доступных РПМ составляет минус 20...30 дБ (стр. 37), является спорным.

4) В разделе 2.4, в котором оценивается влияние кривизны поверхности радиопрозрачного укрытия (РПУ) на результаты измерений, ничего не сказано про соответствие поля излучения измерительной антенны полю плоской волны и не исследовано, каким образом качество этого поля влияет на результаты измерений. Не рассмотрен вариант проведения измерений с помощью открытого конца

волновода. Кроме этого, в оценке влияния кривизны поверхности РПУ не рассмотрена параллельная поляризация, при которой стенка РПУ более радиопрозрачная. Но ведь в работе рассматривается точность измерений, а не определение затухания волны в стенке РПУ. Также в работе указано, что параметры стенки РПУ необходимо определять по конструкторской документации (КД). Часто в готовых изделиях параметры слоёв стенки РПУ достаточно существенно отличаются от параметров слоёв, указанных в КД.

5) В разделе 3.3, в котором расчётным образом определяется изменение потерь в стенке РПУ в зависимости от разных видов дефектов, не указаны параметры такого дефекта, как осмоление, а именно не указана диэлектрическая проницаемость слоёв осмоления.

6) На некоторых рисунках (рисунки 3.4, 3.5, 3.9, 4.13), на которых приведены распределения измеренных величин по поверхности РПУ, не приведены цветовые шкалы уровней этих величин.

7) В некоторых предложениях автор использует жаргонные выражения, например, на стр. 86 автор пишет про «пики» на графике на рисунке 3.8.

8) В разделе 3.2.2 приведён результат многочастотного анализа определения дефектов в РПУ. Результат анализа, который приведён в этом разделе, не совсем понятен и не пояснён автором. На рисунке 3.12 не понятно, в каком месте находится дефект (или дефекты), а пояснения автора и выводы в разделе отсутствуют.

9) В разделе 3.4 приведены результаты расчётов диаграмм направленности рупора в пакете программ электродинамического моделирования Ansys HFSS, но не указаны параметры рупора, модель которого использовалась в расчётах, и не указана частота ЭМВ.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней

Вопросы, затронутые в диссертационной работе Ларина Артема Андреевича, являются актуальными.

Разработанный способ организации радиоволнового метода контроля крупногабаритных РПУ в БЭК, заключающийся в компенсации влияния переотражений ЭМВ от стенки РПУ на результат (точность) измерений, позволяет проводить измерения величины потерь энергии ЭМВ с погрешностью 0,2 дБ и набега фазы ЭМВ с погрешностью 5% в диапазоне частот ЭМВ от 3 до 11 ГГц.

Разработанный способ организации радиоволнового метода контроля крупногабаритных РПУ в слабобезэховых условиях, заключающийся в компенсации влияния переотражений ЭМВ как от стенки РПУ, так и от конструкций полигона на результат (точность) измерений, позволяет проводить измерения величины потерь энергии ЭМВ с погрешностью 0,2 дБ и набега фазы ЭМВ с погрешностью 5% в диапазоне частот ЭМВ от 3 до 11 ГГц.

Разработанный метод обнаружения дефектов в радиопрозрачной стенке РПУ по результатам радиоволнового контроля позволяет обнаруживать дефекты с минимальными относительными размерами 0,3 длины ЭМВ и более.

Диссертационная работа Ларина Артема Андреевича «Дефектоскопия крупногабаритных радиопрозрачных укрытий, основанная на радиоволновом методе контроля» является завершённой научно-квалификационной работой. Новые научные результаты, полученные автором, имеют существенное значение для науки и практики в области разработки СВЧ-техники.

Диссертация по области исследования соответствует паспорту специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (технические науки), а именно п.п. 6 и 7 паспорта специальности.

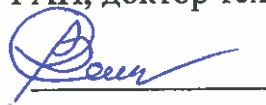
Автореферат и список публикаций полностью отражают содержание диссертации. Автореферат диссертации соответствует п. 25 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 16.10.2024 г.).

Диссертационная работа соответствует критериям по п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 16.10.2024 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы Ларин Артем Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Отзыв подготовлен доктором технических наук В.Н. Семененко.

Отзыв на диссертацию и автореферат Ларина Артема Андреевича обсужден и одобрен на научном семинаре ИТПЭ РАН «19» ноября 2025 года (Протокол семинара № 2 от 19.11.2025).

Главный научный сотрудник, заместитель директора по научной работе по спецпрограммам ИТПЭ РАН, доктор технических наук



Семененко Владимир Николаевич

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной электродинамики Российской академии наук (ИТПЭ РАН) Почтовый адрес: РФ, 125412, г. Москва, ул. Ижорская, 13, стр.6
Телефон/факс: (495) 485-23-83, 484-26-44, 485-91-72
E-mail: itae@itae.ru;
Веб-сайт: <https://itae.ru>

Я, **Семененко Владимир Николаевич**, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Отзыв ИТПЭ РАН заверяю:

Заместитель директора по научной работе



Мерзликин А.М.

«25» 11 2025 г.

С отзывом ознакомлен *Алексей Сергеевич АА.*
26.11.2025