

## **О Т З Ы В**

### **официального оппонента**

доцента кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства»

ФГАОУВО «Московского государственного технического

университета имени Н.Э. Баумана (национальный

исследовательский университет)»

кандидата технических наук

**Комиссаровой Елены Владимировны**

на диссертационную работу

**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»

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Радиопрозрачные укрытия (РПУ) предназначены для защиты расположенных под ними антенн от внешних воздействий, таких как осадков, ветра, пыли и являются важной частью антенных систем. В процессе их разработки необходимо учитывать, что РПУ должны обладать высокими прочностными и защитными свойствами и при этом вносить минимальные искажения в распространяющиеся через них электромагнитные поля.

Традиционно крупногабаритные РПУ изготавливают из композиционных материалов, таких как стеклопластики, пенопласты, сотопласты, сочетающие в себе механическую прочность и радиопрозрачность. Однако технология их производства достаточно сложна и

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«26» 11 2025 г.

трудоемка, кроме того, в процессе изготовления нередко появляются различные скрытые дефекты.

На сегодняшний день существует ряд методик неразрушающего контроля, которые позволяют выявить механические дефекты в радиопрозрачной стенке крупногабаритного РПУ, однако оценка их влияния на прохождение электромагнитных волн через РПУ в известных методиках не предусматривается, что требует применения дополнительного радиоволнового контроля. Эффективным с точки зрения контроля процессов изготовления РПУ является объединение операции дефектоскопии и радиоволнового контроля, в связи с чем задача диссертационного исследования Ларина А.А., заключающаяся в разработке метода дефектоскопии позволяющего обнаруживать скрытые дефекты в крупногабаритных РПУ и одновременно оценивать их влияние на радиопрозрачные свойства укрытия, является актуальной.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертация Ларина А.А. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и трех приложений. Изложение диссертационной работы представляет логическую последовательность решения поставленных задач, как теоретически, так и практически значимых, в виде научных положений, выводов и рекомендаций, аргументированно изложенных с достаточной степенью визуализации излагаемых решений.

**Во введении** обосновывается актуальность исследования, выполнен аналитический обзор существующих на сегодняшний день решений в области методик дефектоскопии и радиоволнового контроля РПУ, представлены объект и предмет исследований, обоснована цель работы, приведены решенные в процессе диссертационного исследования задачи для достижения поставленной цели, а также методы исследования, научная новизна,

практическая значимость диссертации, основные положения, выносимые на защиту, изложено краткое содержание диссертационной работы.

**В первой главе** проанализированы ключевые проблемы, возникающие при изготовлении и контроле крупногабаритных радиопрозрачных укрытий антенных систем. Описаны основные материалы, применяемые при их производстве, а также наиболее характерные типы конструктивных дефектов. Выполнен сравнительный анализ существующих методов контроля радиопрозрачных конструкций, по результатам которого в качестве основы для проведения дефектоскопии выбран радиоволновый метод. Величины потерь энергии и набега фазы электромагнитной волны в стенке РПУ обосновано выбраны в качестве основных контролируемых параметров в рамках метода радиоволнового контроля.

**Во второй главе** предложены способы практической реализации метода радиоволнового контроля крупногабаритных РПУ в различных производственных условиях – как в безэховых камерах (БЭК), так и в условиях отсутствия БЭК. Выполнена экспериментальная оценка погрешности измерений каждым из способов. Разработан алгоритм выбора оптимальной формы БЭК, обеспечивающей минимизацию отражений первого порядка при организации радиоволнового контроля в БЭК. Исследовано влияние геометрии и кривизны стенки РПУ на точность радиоволнового контроля, по результатам которого уточнены условия проведения измерений как в БЭК так и без ее использования.

**Третья глава** посвящена разработке метода дефектоскопии крупногабаритных РПУ. Представлен алгоритм формирования массива результатов измерений величины потерь энергии и набега фазы ЭМВ в радиопрозрачной стенке контролируемого обтекателя. Предложены методы обнаружения дефектов как на отдельных частотах, так и в широком диапазоне частот (многочастотный метод). Разработанный метод дефектоскопии позволяет не только фиксировать наличие дефектов, но и визуализировать их распределение и форму. Предложенные критерии первичного анализа,

полученные по результатам электродинамического расчета, дают механизмы определения возможного типа нарушения конструкции для трёхслойной стенки в зоне обнаруженного дефекта. Определён порог чувствительности предложенного метода дефектокопии, что позволило установить минимальные размеры дефектов, доступные для обнаружения.

**В четвертой главе** описано рабочее место, созданное в рамках реализации предложенных автором решений, приведены результаты дефектоскопии двух крупногабаритных сфероцилиндрических обтекателей. Получены цифровые изображения, отображающие расположение и форму выявленных дефектов. С целью определения характера отклонений в структуре радиопрозрачной стенки проведен их анализ. В результате выполненных экспериментальных исследований подтверждена практическая значимость разработанного в диссертационной работе метода контроля РПУ. На примере реальных дефектов конструкций радиопрозрачных укрытий, выявленных в процессе дефектоскопии, показаны основные этапы их устранения.

### **Научная новизна и практическая значимость**

Диссертация Ларина А.А. направлена на развитие практических методов дефектоскопии конструкций крупногабаритных РПУ, основанных на радиоволновом методе контроля радиотехнических параметров стенки РПУ.

Научная новизна диссертационной работы Ларина Артема Андреевича заключается в следующем:

- предложен способ реализации радиоволнового метода контроля крупногабаритных РПУ в БЭК, позволяющий компенсировать влияние переотражений электромагнитной волны от стенки РПУ на точность измерений;

- предложен способ организации радиоволнового метода контроля крупногабаритных РПУ в условиях отсутствия безэховой камеры, позволяющий компенсировать влияние на точность измерений переотражений

электромагнитных волн как от стенки РПУ, так и от конструкций, находящихся внутри испытательного полигона;

– предложен метод обнаружения дефектов в радиопрозрачной стенке РПУ по результатам радиоволнового контроля.

Практическая значимость диссертации определяется тем, что предложенные средства и методы контроля 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, что подтверждено актами внедрения.

### **Обоснованность и достоверность результатов**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов, полученных в процессе диссертационного исследования подтверждается достаточным объемом экспериментально полученных результатов и практической реализацией разработанного метода. Автором проведена положительная апробация результатов научных исследований на международных конференциях и симпозиумах, в научных публикациях, верификация полученных результатов проведена на различных российских промышленных предприятиях. По теме исследования получено три патента на изобретения.

Таким образом, можно сделать вывод, что научные положения и результаты исследований, которые содержатся в диссертации Ларина А.А., являются в достаточной степени достоверными и обоснованными.

### **Дискуссионные положения и замечания по диссертации**

При общей положительной оценке диссертационной работы Ларина А.А. следует отметить ряд дискуссионных положений и замечаний.

1. Автором предлагается метод обнаружения дефектов в радиопрозрачной стенке РПУ по результатам радиоволнового контроля крупногабаритных РПУ в различных производственных условиях – как в безэховых камерах (БЭК), так и в условиях отсутствия БЭК, который позволяет обнаруживать дефекты размером не менее  $0,3$  длины волны. При этом дефекты меньших размеров, например, от  $0,1$  до  $0,3$  длины волны, также могут оказывать влияние на диаграмму направленности антенной системы, установленной под РПУ. Таким образом, не ясно как быть с дефектами такого размера.

2. Применение метода радиоволнового контроля крупногабаритных РПУ предлагается в достаточно узком частотном диапазоне в пределах от  $3$  до  $11$  ГГц, тогда как наибольшее влияние дефекты радиопрозрачного укрытия оказывают в более высокочастотной части СВЧ и в КВЧ диапазонов.

3. В диссертации на с. 84, рисунок 3.6, с.104, рисунок 3.21 и с. 105, рисунок 3.22 подписи осей оформлены достаточно мелким шрифтом, что затрудняет анализ полученных результатов. Аналогичное замечание можно отнести к рисунку 4.4, с. 112.

4. В четвертой главе приведенная на рисунке 4.2 схема измерения крупногабаритного РПУ не содержит ЭВМ, которая должна подключаться к векторному анализатору цепей для анализа полученных результатов, что подтверждается рисунком 4.1, где на фотографии рабочего места изображен компьютер. Кроме того, по ходу изложения логичнее сначала представить схему стенда, а затем привести фотографию реального рабочего места.

Вышеуказанные замечания и дискуссионные вопросы не снижают научной ценности и общей значимости проведенного исследования и не влияют на общую положительную оценку работы.

## **Заключение**

Изучение автореферата, диссертации и опубликованных автором работ позволяет сделать вывод о том, что проведенное исследование выполнено

автором самостоятельно, на высоком научном и профессиональном уровне с применением современных подходов к научным исследованиям.

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.2.14. «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» (технические науки).

П.6. Разработка и исследование новых технологий производства, настройки и эксплуатации антенных систем.

П.7. Исследование и разработка метрологического обеспечения проектирования, производства и эксплуатации антенных систем и микроволновых устройств.

Автореферат диссертации Ларина А.А. в полной мере отражает основное содержание диссертационной работы и соответствует п. 25 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024). Полученные результаты соответствуют заявленной цели работы, а решаемые задачи последовательно способствуют её достижению. Представленные результаты достоверны и обоснованы, обладают практической и теоретической значимостью, опубликованы в открытой печати и международных конференциях. Диссертация Ларина Артема Андреевича содержит решение научной задачи, имеющей существенное значения для развития технологий изготовления и контроля антенных систем.

Диссертационная работа Ларина Артема Андреевич представляет собой завершённое научное исследование, посвященное решению актуальной научной задачи разработке метода дефектоскопии практических конструкций крупногабаритных РПУ антенных систем, основанного на радиоволновом методе контроля. Работа выполнена на высоком научном уровне, отличается четкой структурой, логичностью изложения и достоверностью полученных результатов. Диссертация соответствует п.п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденному постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 16.10.2024), а её автор Ларин Артем Андреевич

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Доцент кафедры

«Радиоэлектронные системы и устройства»

Комиссарова Елена Владимировна

15 ноября 2025 г.

Контактные данные:

Почтовый адрес: Московская обл., г. Одинцово, ул. Баковская, д. 8, кв. 10  
Россия, 143005

Тел.: 89161628580

E-mail: komissarovaev@bmstu.ru

Подпись \_\_\_\_\_ Комиссаровой Елены Владимировны \_\_\_\_\_ удостоверяю

«ВЕРНО»

(должность) \_\_\_\_\_

ЛАПШИНА В.В.

ОТДЕЛ ПО ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ  
ЕДИНОЙ ПРИЕМНОЙ

УКСА

МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА



(Ф.И.О.) \_\_\_\_\_

Созданием ознакомлен

26.11.25