

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.286.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Воронежский государственный технический университет»,
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22.12.2022 № 30

О присуждении Пендюрину Владимиру Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Защищенные приземные и подземные антенны УКВ диапазона» по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии принята к защите 13.10.2022 (протокол заседания № 29) диссертационным советом 24.2.286.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д.84 (приказ о создании диссертационного совета от 26.01.2018 № 86/нк).

Соискатель Пендюрин Владимир Андреевич, 20 марта 1960 года рождения, в 1986 году окончил Воронежский политехнический институт по специальности «Радиотехника». Работает генеральным директором и научным руководителем в АО «Научно-производственное предприятие «Автоматизированные системы связи» (г. Воронеж).

Диссертация выполнена в АО «Научно-производственное предприятие «Автоматизированные системы связи».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Николаев Валерий Иванович, Акционерное общество «Концерн «Созвездие», аппарат научного руководителя, научный референт.

Официальные оппоненты:

- Авдеев Владимир Борисович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник управления федерального автономного учреждения «Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю РФ»;

- Разиньков Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации управления летательными аппаратами (и вычислительных систем) федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (г. Самара) в своем положительном отзыве, подписанном Вороным А.А., к.ф.-м.н., доцентом, заместителем заведующего кафедрой радиоэлектронных систем, Кубановым В.П., д.т.н., профессором, профессором кафедры радиоэлектронных систем, Арефьевым А.С., д.ф.-м.н., доцентом, профессором кафедры радиоэлектронных систем и утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе Горячкиным Олегом Валериевичем, указала, что диссертация Пендюрина Владимира Андреевича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научно-технической задачи – разработки методологии проектирования приземных и подземных антенн УКВ диапазона волн, основные характеристики которых позволяют обеспечить устойчивое функционирование систем управления при изменении в широких пределах проводимости подстилающей поверхности, навае почвы слоем до 1 метра, а также – при мощных механических воздействиях. Материалы автореферата соответствуют основным положениям диссертации, правильно и достаточно полно передают её содержание и полученные результаты. Содержание диссертации соответствует пунктам 1, 2, 3, 8, 10 паспорта специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии. По объему выполненных исследований, научной и практической новизне, оформлению и практической ценности работа соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Пендюрин

Владимир Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 12 работ. Общий объем публикаций по теме диссертации – 8,86 печ. листа, в числе которых 5,95 печ. листа принадлежит соискателю. В работах, опубликованных в соавторстве, лично автору принадлежат следующие результаты: методики проектирования приземных и подземных антенн для аппаратуры управления; обоснование выбора математического аппарата, используемого для анализа приземных и подземных антенн; методика анализа степени неоднородности среды; методика проведения эксперимента, участие в экспериментальных исследованиях и обработка результатов; физико-математическая модель, основанная на использовании принципа эквивалентных источников, позволяющая аппроксимировать пространственное распределение электромагнитного поля вблизи трехмерных рассеивателей; конструктивные решения по построению антенных устройств.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Иванов А.В. Подземная антенна метровых волн на основе патч-структуры с метаматериальной подложкой / А.В. Иванов, В.И. Николаев, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин // Радиотехника. – 2021. – Т. 85. – № 8. – С. 80-90.

2. Иванов А.В. Подземная антенна для защищенной системы авиационной радиосвязи / А.В. Иванов, В.И. Николаев, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин // Телекоммуникации. – 2021. – № 12. – С. 8-15.

3. Блинов В.В. Использование феррита в качестве импедансно-согласованной среды для уменьшения габаритных размеров антенны УКВ диапазона / В.В. Блинов, В.И. Николаев, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин // Теория и техника радиосвязи. – 2021. – № 2. – С. 66-72.

4. Николаев В.И. Многолучевая антенная система УКВ диапазона волн на основе усеченного конуса, насыпанного из гранитного щебня / В.И. Николаев, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин, С.М. Федоров // Вестник ВГТУ. – 2021. – Т. 17. – № 6. – С. 100-106.

5. Николаев В.И. Методика оценки степени неоднородности диэлектрической среды, используемой для изоляции подземной антенны УКВ диапазона / В.И. Николаев, Ю.Г. Пастернак, В.А. Пендюрин, С.М. Федоров // Теория и техника радиосвязи. – 2022. – № 2. – С. 46-54.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Алёшкина А.П., д.т.н., профессора, профессора кафедры Передающих, антенно-фидерных устройств и средств СЕВ Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, отзыв положительный, замечания: 1) В автореферате не приведен сравнительный анализ электродинамических и механических характеристик разработанных приземных и подземных антенн. 2) В качестве импедансно-согласованной среды в УКВ диапазоне соискатель предлагает использовать феррит. Непонятно, как изменятся характеристики данного материала при воздействии радиоактивного облучения? 3) Автором заявлено, что целью диссертации является разработка методологии проектирования приземных и подземных антенн УКВ диапазона волн, основные характеристики которых позволяют обеспечить устойчивое функционирование систем управления при изменении проводимости подстилающей поверхности, а также – при мощных механических воздействиях. Представляется, что цель исследований – обеспечение устойчивости функционирования систем управления... Тогда как разработка методологии – это средство достижения поставленной цели. Также использование автором понятия методология представляется не вполне уместным.

2. Ахиярова В.В., к.т.н., ведущего инженера ОАО «НПК НИИДАР», старшего научного сотрудника института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, отзыв положительный, замечания: 1) Одной из основных характеристик электрически малой антенны является ее добротность, которая позволяет оценить сужение полосы, связанное с уменьшением электрического размера. В автореферате приводятся количественные оценки линейного размера и полосы, однако ничего не сказано о причине, которая заключается в увеличении добротности. 2) Использование феррита для согласования электрически малой антенны со свободным пространством (см. рис.1 автореферата) имеет технологические трудности: феррит очень плохо поддается обработке резанием, поэтому, скорее всего, его будет необходимо спекать вместе с вибратором Пистолькорса, а температура спекания феррита имеет порядок 1000 С. 3) Диаграмма направленности многолучевой антенной системы, представленная на стр. 8 автореферата, получена в предположении того, что подстилающая поверхность

является идеально проводящей, поэтому главный лепесток диаграммы направленности «прижат» к земле. В реальных условиях (земная поверхность с конечной и не слишком большой электропроводностью) главный лепесток должен быть «отжат» от границы раздела.

3. Банкова С.Е., д.т.н., главного научного сотрудника института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, отзыв положительный, замечания: 1) Из автореферата затруднительно сделать вывод о разработанных методиках проектирования предложенных антенн. Автор приводит конструкции устройств, то есть определяет принципы их построения, но не формулирует в явном виде последовательность действий, необходимых для получения оптимальных характеристик антенны. 2) В части касающейся проектирования многолучевой антенны в автореферате не раскрыт вопрос о взаимном влиянии облучателей линзы. В тоже время данная проблема является весьма важной для функционирования многолучевых антенн других типов, в особенности осесимметричных линз.

4. Бородулина Р.Ю., д.т.н., доцента кафедры радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, доцента, Ульянова С.А., к.т.н., старшего преподавателя кафедры радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, Спирина А.М., к.т.н., старшего преподавателя кафедры радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, Литкевича Г.Ю., к.т.н., ВрИО начальника кафедры радиосвязи Военной академии связи им. С.М. Буденного, доцента, отзыв положительный, замечания: 1) При сильном механическом воздействии на подземные антенны помимо выброса за счет действия сейсмоударной волны происходит сдвиг грунта в сторону без возврата в исходную позицию, поэтому возможность возврата к прежней форме спиральной антенны, заложенной в диэлектрик, на наш взгляд, требует отдельных исследований. 2) При рассмотрении моделей антенн, предназначенных для анализа численными методами электродинамики, необходимо указывать электрические расстояния до границ расчетной области и другие ключевые параметры модели с целью получения возможности воспроизведения расчетов другими исследователями. 3) Не ясно, каким образом были пересчитаны электрические параметры эпоксидного заполнителя уменьшенной модели подземной спиральной антенны на частоты работы реальной антенны, окруженной подготовленным щебнем. Соответствующие расчеты не приводятся.

5. Бузова А.Л., д.т.н., профессора, генерального директора АО «Самарское инновационное предприятие радиосистем», Минкина М.А., д.т.н., профессора, г.н.с. АО «Самарское инновационное предприятие радиосистем», отзыв положительный,

замечания: 1) Отдельные квалификационные формулировки вызывают вопросы. В частности, к области научной новизны отнесены некоторые положения, которые, по нашему мнению, характеризуют практическую значимость работы (см. выше пп. 2 и 4). Квалификация работы по пяти пунктам паспорта специальности представляется избыточной (достаточно было претендовать на пп.1, 3, 10). 2) В автореферате практически не приведены (единственное исключение – рис. 7) пространственные, импедансные и прочностные характеристики разработанных антенн. 3) Экспериментальные исследования проведены на уменьшенных макетах. В данном случае принцип электродинамического подобия нужно применять осторожно из-за сильной частотной дисперсии электрофизических параметров грунта. В автореферате это обстоятельство не обсуждается. 4) Не является нарушением, но обращает на себя внимание то обстоятельство, что у соискателя отсутствуют публикации, выполненные без соавторов.

6. Веденькина Д.А., к.т.н., научного сотрудника научно-исследовательского института прикладной электродинамики, фотоники и живых систем ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», доцента кафедры радиофотоники и микроволновых технологий, Нуреева И.И., д.т.н., директора научно-исследовательского института прикладной электродинамики, фотоники и живых систем ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», профессора кафедры радиофотоники и микроволновых технологий, доцента, отзыв положительный, замечания: 1) В антенне, конструкция которой иллюстрируется рис. 12, г) автореферата, использование плечей полукруглой формы в центре устройства приведет к нарушению выполнения условия автоматической отсечки тока, что негативно скажется на качестве ее согласования с фидерной линией. 2) Из содержания автореферата непонятно, пользовался ли соискатель пакетами численного электродинамического моделирования и какими именно.

7. Габриэльяна Д.Д., д.т.н., профессора, зам. начальника НТК по науке ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» и Звездиной М.Ю., д.ф.-м.н., доцента, ведущего научного сотрудника отдела подготовки кадров высшей квалификации ФГУП «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи», отзыв положительный, замечания: 1) Предложенная методика анализа степени неоднородности изолятора подземной антенны не подтверждена данными натурного эксперимента. Приведены лишь результаты численного электродинамического моделирования. 2) Исследованные монополи с верхней точкой запитки представляются более устойчивыми к мощным

механическим воздействиям, чем спиральные антенны, располагаемые под антенным обтекателем на вершине опорной стойки, а по сравнению с вибратором - в импедансно-согласованной среде. Непонятно, в чем состоят преимущества названных антенн по сравнению с монополями с верхней точкой запитки?

8. Гудкова А.Г., д.т.н., профессора кафедры «Технологии приборостроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана, отзыв положительный, замечания: 1) Параметры феррита, используемого в качестве импедансно-согласованной среды, в которой размещен вибратор Пистолькорса (рис. 1 автореферата), будут зависеть от температуры окружающей среды. Каким образом будет осуществляться настройка антенны в резонанс при изменении диэлектрической и магнитной проницаемостей феррита, а также – при изменении его проводимости? 2) Из автореферата непонятно, каким образом будет изменяться диаграмма направленности многолучевой антенной системы на основе линзы из гранитного щебня (рис. 8 автореферата) при изменении степени влажности материала?

9. Лося В.Ф., к.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника АО «Концерн радиостроения «Вега», отзыв положительный, замечания: 1) Не приведены оценки погрешности разработанных методик и моделей, что немаловажно для проектирования некоторых из предложенных антенн с ширинами относительных рабочих полос менее или порядка 1% (стр. 10 и 13). 2) Количественная неопределенность терминов «мощное воздействие», «вблизи источника воздействия» оставляет поле для дебатов о достаточности предложенных решений. 3) Не указаны требования к ресурсам вычислительного комплекса для реализации разработанных методик. 4) Воздействие мощных электромагнитных импульсов отмечено лишь для конструкции монополей, а электронные цепи антенн остались вне рассмотрения. 5) Неправильно указана размерность «габаритных размеров» и просто «размеров» антенн на стр. 10, 11, 13-15. Слово «размер» подразумевает единицу длины, а не площади или объема. 6) Применительно к ДН антенны с шириной главного луча по уровню -3 дБ в обеих плоскостях 106.5^0 (стр. 13) представляется более уместным прилагательное «слабонаправленная осесимметричная», а не «игольчатая».

10. Пашинцева В.П., д.т.н., профессора, профессора кафедры информационной безопасности автоматизированных систем Института информационных технологий и телекоммуникаций Северо-Кавказского федерального университета, отзыв положительный, замечания 1) Отсутствует анализ достигнутых показателей качества приземных и подземных УКВ антенн (габариты, КПД, ширина полосы рабочих частот и т.д.) и необходимости их повышения в соответствии с существующими или

перспективными требованиями. 2) Отсутствуют основные этапы разработанных методик проектирования защищенных приземных и подземных антенн УКВ диапазона. 3) Предложение автора использовать стойки, предназначенные для размещения антенн СВЧ диапазона, для реализации приемно-передающих антенн УКВ диапазона всесторонне не обосновано (поскольку совмещение двух антенн в одном устройстве может негативно повлиять на характеристики обеих антенн).

11. Федотова А.Ю., д.т.н., главного конструктора антенно-фидерных устройств, начальника лаборатории прикладной электродинамики АО «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» им. А.Г. Иосифьяна, отзыв положительный, замечания: 1) В автореферате не приводятся обоснования высокой устойчивости к мощным механическим воздействиям многолучевой антенны на основе линзы, состоящей из гранитного щебня. Также отсутствуют результаты натурных экспериментальных исследований данной антенной системы. 2) Вызывает сомнение также высокая механическая стойкость подземной антенны на основе патч-излучателя с метаматериальной подложкой.

12. Шабунина С.Н., д.т.н., заведующего кафедрой радиоэлектроники и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», доцента, отзыв положительный, замечания: 1) Автор выполнил большой объем электродинамического моделирования, что требует для сокращения времени моделирования достаточно близкие к оптимальным первичные размеры элементов конструкции антенн. К сожалению, автор не отметил, каким образом выполнены начальные оценочные расчеты. 2) Из текста автореферата сложно выделить характеристики, подтверждающие точность выполненных расчетов. Приведены в основном результаты электродинамического моделирования. Совместное наличие расчетных и экспериментальных графиков наглядно продемонстрировало бы успех автора. Особенно это актуально с учетом узкополосности исследуемых антенн.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой компетентностью в области моделирования и оптимизации характеристик антенных устройств и систем, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, а также – их согласием.

Выбор ведущей организации обоснован ее широкой известностью своими достижениями в области разработки и исследования приземных и подземных антенн и способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также ее согласием; направление научно-исследовательской деятельности структурного подразделения (кафедра радиоэлектронных систем) соответствует теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны: методика проектирования электрически малых антенн УКВ диапазона в виде двухзаходной плоской Архимедовской спирали с плечами переменной ширины, а также – многозаходных цилиндрических спиралей, являющихся разновидностью петлевого вибратора Пистолькорса, принцип построения которых заключается в совмещении пространственной ориентации дипольного электрического момента и дипольного магнитного момента, вследствие чего уменьшается отношение энергии электрической составляющей поля к энергии магнитной его составляющей, сосредоточенных в ближней зоне поля излучения антенны, в результате чего уменьшаются потери мощности в металлической стойке и подстилающей поверхности; методика проектирования многолучевых полноазимутальных антенн УКВ диапазона на основе осесимметричной линзы, имеющей форму усеченного конуса, в качестве материала которой используется мраморный или гранитный щебень, облучаемой системой монополей, или – электрически малых излучателей спирального типа; методика проектирования подземных УКВ антенн резонаторно-щелевого типа со щелями «Г»-образной формы, позволяющая, за счет возбуждения нескольких щелей с различными фазами, реализовать диаграмму направленности квази-кардиоидного, тороидального, или -игольчатого вида; методика проектирования подземных УКВ патч-антенн с метаматериальной подложкой в виде квадратных металлических пластин, середина каждой из которых соединена с подстилающей металлической поверхностью излучающего полоска патч-антенны, позволяющая уменьшить размеры антенного устройства более, чем в 3 раза; методика анализа степени неоднородности материальных параметров изолятора подземной антенны, основанная на использовании принципа эквивалентных полей и токов, реализованная на основе процедуры аппроксимации распределения поля на плоскости, ограниченной контуром, в ряде точек которого значения поля измерены с помощью электрически малых антенных элементов, сводящейся к нахождению комплексных амплитуд вспомогательных источников поля, суперпозиция излучения которых описывает поле в неоднородной среде, без использования априорной информации о пространственном распределении ее диэлектрической проницаемости и проводимости;

предложено: использовать феррит, с близкими значениями относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей, в качестве импедансно-согласованной среды для минимизации габаритных размеров и уменьшения потерь

мощности в подстилающей поверхности электрически малой приземной антенны УКВ диапазона; использовать для построения многолучевой антенной системы УКВ диапазона с главными лепестками игольчатой формы линзу в форме усеченного конуса, в качестве материала которой используется гранитный щебень; использовать аппарат теории «виртуальных» антенных решеток для реализации метода реального-временного анализа степени неоднородности изолятора подземной антенны;

доказана возможность применения метода вспомогательных источников поля для расчета потоков плотности мощности электромагнитного поля в неоднородной среде с электрическими потерями при использовании, в качестве исходных данных, значений электрической компоненты поля в конечном числе точек на замкнутом контуре, окружающем неоднородный полупроводник, являющийся физической моделью изолятора подземной антенны;

введена измененная трактовка понятий «антенна электрического типа», «антенна магнитного типа» применительно к электрически малым вибраторным антеннам, плечи которых имеют вид спиралей, характеризующихся уменьшенным, относительно известных видов вибраторных антенн, отношением энергий электрической и магнитной компонент электромагнитного поля в ближней зоне, сочетающих свойства антенн электрического и магнитного типов и характеризующихся уменьшенными потерями мощности в грунте.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

доказана эффективность разработанных методик синтеза и анализа приземных и подземных антенн УКВ диапазона волн, основные характеристики которых позволяют обеспечить устойчивое функционирование систем управления при изменении в широких пределах проводимости подстилающей поверхности, при навале слоя грунта, а также – при мощных механических воздействиях;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы основные принципы электродинамики, теория антенн и СВЧ-устройств, вычислительные методы электродинамики, численное моделирование с использованием апробированных программных средств, а также – стандартные методики измерения характеристик приземных и подземных антенн;

изложены основные критерии, подходы, методы и этапы разработанной методологии проектирования защищенных приземных и подземных антенн УКВ диапазона, основные характеристики которых незначительно изменяются при изменении материальных параметров грунта и при мощных механических

воздействиях, результаты численного электродинамического моделирования антенн и данные их натурных экспериментальных исследований в полевых условиях;

раскрыты особенности влияния материальных параметров грунта на входные характеристики приземных и подземных антенн различных типов и конструкций, величину их коэффициента полезного действия и направленные свойства;

изучены факторы, оказывающие существенное влияние на взаимосвязь значений относительной полосы рабочих частот приземных и подземных антенн УКВ диапазона при заданном качестве их согласования с фидерной линией, величины коэффициента полезного действия и габаритных размеров антенн;

проведена модернизация методики проектирования монополей, внутренняя, или – внешняя мощная механическая опора которых соединена с металлической подстилающей поверхностью, с учетом возможного навала на антенное устройство слоя грунта толщиной до 1 метра, а также – вариации в широких пределах диэлектрической проницаемости и проводимости грунта.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в производство в АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж), в АО «ВНИИ «Вега» (г. Воронеж), а также – в научно-техническом центре радиоэлектронной борьбы (г. Воронеж) методики проектирования приземных и подземных антенн УКВ диапазона, отличающихся высокой степенью стабильности основных характеристик при изменении материальных параметров грунта и при мощных механических воздействиях;

определены возможности применения разработанных методик проектирования и реализованных технических решений в аппаратуре управления, связи и радиоэлектронной борьбы;

создана методология автоматизированного проектирования приземных и подземных антенн УКВ диапазона волн, основные характеристики которых позволяют обеспечить устойчивое функционирование систем управления при изменении проводимости подстилающей поверхности, а также – при мощных механических воздействиях;

представлены рекомендации по использованию полученных результатов при модернизации существующих и разработке перспективных антенных систем аппаратуры управления и связи.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: в результате выполненного численного моделирования с использованием апробированных программных средств получены

конструктивные параметры, на основе которых реализованы макеты исследуемых приземных и подземных антенн УКВ диапазона; достоверность полученных результатов подтверждается высокой степенью совпадения расчетных характеристик антенных устройств и данных их натуральных экспериментальных измерений, полученных с использованием стандартных методик, сертифицированного оборудования и поверенных измерительных приборов;

теория согласуется с данными экспериментальных исследований характеристик аналогичных антенных устройств, в частных или предельных случаях, проведенных в России и за рубежом и опубликованных в работах А.Л. Бузова, Р.Ю. Бородулина, И.Н. Пестовского, М.С. Проценко, Б.В. Сосунова, Chu L.J., Harrington R.F., McLean J.S.

идея базируется на обобщении передового опыта разработок защищенных приземных и подземных антенн УКВ диапазона в России и за рубежом и применении новых подходов к их проектированию (в частности – применения аппарата теории «виртуальных» антенных решеток для анализа пространственного распределения областей с повышенной проводимостью в изоляторе подземной антенны, а также – использования импедансно-согласованных сред и метаматериальных поверхностей для минимизации габаритных размеров антенных устройств);

использовано сравнение авторских данных и результатов, полученных ранее по рассматриваемой в диссертации тематике;

установлено качественное и количественное соответствие частных и предельных результатов диссертации с результатами, представленными в работах, посвященных приземным и подземным антеннам УКВ диапазона.

использовано апробированное программное обеспечение CST Microwave Studio для анализа и синтеза приземных и подземных антенн УКВ диапазона.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах работы над диссертацией, включая теоретические исследования, разработку методик проектирования и моделирования антенн, обработку и интерпретацию данных моделирования антенных устройств, личном участии в апробации результатов исследования, разработке макетных образцов и проведении экспериментальных исследований, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Пендюрин В.А. подробно ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 22.12.2022 г. диссертационный совет принял решение – за решение научной задачи, имеющей значение для развития теории, техники и технологии приземных и подземных антенн УКВ диапазона волн с высокой степенью защищенности к мощным механическим воздействиям присудить Пендюрину В.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Макаров
Олег Юрьевич

Федоров
Сергей Михайлович

22 декабря 2022 г.