



ул. Кантемировская д. 8, Санкт-Петербург,  
Россия, 197342 Тел. (812) 295-50-69,  
Факс (812) 542-18-49

www.inteltech.ru E-mail: intelteh@inteltech.ru  
ОКПО 07503490, ОГРН 1027801525608,  
ИНН/КПП 7802030605/781401001

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Первый заместитель  
генерального директора  
ПАО «Интелтех»  
по научной работе,  
кандидат военных наук

\_\_\_\_\_ И.А. Кулешов

\_\_\_\_\_ 2016 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации – Публичного акционерного общества «Информационные телекоммуникационные технологии (ПАО «ИНТЕЛТЕХ») на диссертационную работу Пестовского Игоря Николаевича на тему: «Разработка путей создания подземных антенных систем для ДКМВ радиосвязи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

#### 1. Основные сведения о диссертации

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики». На отзыв ведущей организации были представлены:

- диссертация (переплетенный том), 195 листов;
- автореферат (брошюра), 16 страниц.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка сокращений и обозначений, списка использованных источников (135 наименований) и приложения.

## 2. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Пестовского И.Н. посвящена разработке научно обоснованных теоретических положений и технических решений по построению подземных антенных систем для ДКМВ радиосвязи.

Роль защищенных объектов ДКМВ радиосвязи и подземных антенн в их составе в последнее время опять возрастает в связи с возросшими рисками крупномасштабных террористических актов, а также реальной возможностью вовлечения России в вооруженные конфликты локального, регионального, а возможно и глобального масштаба. Следует отметить, что появление у эвентуального противника современных, в том числе неядерных, средств поражения защищенных объектов на основе высокоточного оружия потребовало существенного ужесточения требований стойкости, предъявляемых к таким объектам и антеннам в их составе. В результате в последнее время заметно возросла актуальность создания новых и модернизации действующих подземных антенн, причем на основе новых, повышенных требований к характеристикам назначения, стойкости и живучести. Решение указанных задач, в свою очередь, предполагает совершенствование как технических решений, так и методов проектирования подземных антенн.

Таким образом, актуальность тематики диссертационного исследования Пестовского И.Н. представляется в достаточной степени обоснованной.

## 3. Структура и основные результаты работы

Диссертационная работа, как уже было отмечено, состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка сокращений и обозначений, списка использованных источников и приложения.

Структура диссертационной работы представляется достаточно логичной и возражений не вызывает.

Во введении обоснована актуальность темы, оценена степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследований, определены объект и предмет исследований, описаны состав и структура работы, сформулирована научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость, показано ее соответствие заявленной специальности, указаны используемые методы исследований, показаны обоснованность и достоверность результатов, указан личный вклад автора, приведены основные положения, выносимые на защиту, даны сведения об апробации, публикациях и реализации результатов работы.

Раздел 1 посвящен анализу принципов построения и основных характеристик подземных антенных систем. Выполнен анализ основных требований к подземным антенным системам. Уточнена минимальная

номенклатура требований к антеннам, показано, что они носят противоречивый характер. Обоснована особая важность адекватности математического моделирования, точности и достоверности полученных результатов применительно к задачам разработки подземных антенн. Выполнен анализ основных характеристик существующих решений и принципов построения подземных антенных систем ДКМВ диапазона. Выполнен анализ основных методов и существующих программных средств моделирования и проектирования подземных антенных систем. Обоснована необходимость разработки простого и достаточно точного метода электродинамического анализа подземных антенн, не связанного с использованием дорогостоящих универсальных и специализированных программных комплексов.

Раздел 2 посвящен разработке методики электродинамического анализа антенн, размещенных в диссипативной среде. Предложена модель и методика расчета электрических характеристик проволочных антенн, размещенных в диссипативных средах, основанная на известном методе моментов и принципе эквивалентности. Обоснован подход на основе декомпозиции структуры на ансамбль сегментов, представляющих собой частично перекрывающиеся электрически короткие симметричные вибраторы с экспоненциальным распределением тока вдоль плеч. Получены необходимые аналитические выражения. Выполнена апробация разработанной методики электродинамического анализа антенн по результатам решения тестовых задач. Поставлена задача об управлении макроскопическими параметрами локального объема диссипативной среды за счет наложения постоянного электрического поля смещения.

В разделе 3 приведены результаты разработки и реализации методик проектирования базовых излучателей и подземных антенных систем на их основе.

Выполнены исследование и разработка технических решений базовых излучателей подземных антенных систем. Рассмотрены основные варианты реализации подземных симметричных вибраторов. Проанализированы возможности формирования на их основе ярусных и турникетных структур. Предложено техническое решение базового излучателя подземной турникетной антенны в виде двухэтажной вибраторной структуры с минимизированным уровнем потерь. Рассмотрены варианты и возможности построения ФАР, состоящей из совокупности предложенных базовых излучателей. Обоснованы конфигурации линейной и двумерной (билинейной) решеток. Разработана методика проектирования базовых излучателей подземных антенных систем. Сформулированы критерии и получены необходимые расчетные соотношения для каждого этапа. Разработана методика проектирования подземных антенных систем. Обосновано содержание каждого этапа и соответствующие критерии. Рассмотрены основные варианты реализации диаграммообразующей системы, обеспечивающей требуемые амплитудно-фазовые распределения.

Раздел 4 посвящен вопросам практической реализации и экспериментальных исследований составных частей подземных антенных систем. Описана защищенная патентом конструкция подземной антенны, состоящей из двух ярусов симметричных вибраторов. На основе оценки характера распределения тока показана более высокая эффективность рассмотренного решения по сравнению с ранее известным аналогом. Проведена экспериментальная проверка опытного образца антенны, которая подтвердила вполне приемлемые значения характеристик практически во всем диапазоне ДКМВ. Предложена защищенная патентом структура ФАР, содержащая, по сравнению с известными аналогами, блок автоматизированного управления параметрами, блок из нескольких возбуждателей и коммутатор информационных сигналов. Показано, что предложенное техническое решение обеспечивает возможность повышения эффективности (увеличения коэффициента усиления) антенной решетки.

Выполнена экспериментальная проверка влияния электростатического поля смещения на уровень излучаемого (принимаемого) подземной антенной сигнала. Результаты эксперимента показали, что наложение поля смещения привело к повышению уровня принимаемого сигнала более, чем в 3 раза.

В Заключение сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы.

В Приложении А представлены результаты расчета диаграмм направленности подземных антенных систем.

#### 4. Научная новизна основных результатов работы

На основании рассмотрения диссертации и опубликованных в периодических изданиях научных трудов автора можно выделить следующие наиболее существенные результаты исследований, обладающие научной новизной:

- разработанная автором на основе известного метода моментов математическая модель и методика электродинамического анализа антенн, размещенных в диссипативной среде;
- методики проектирования базовых излучателей и подземных антенных систем на их основе;
- новые результаты исследования характеристик базовых излучателей и подземных антенных систем на их основе.

#### 5. Обоснованность и достоверность результатов работы

Обоснованность и достоверность полученных теоретических и прикладных результатов и выводов работы, в основном, сомнений не вызывают и обеспечиваются корректным применением методов классической

электродинамики, теории антенн, теории длинных линий, физического эксперимента, численных методов и адекватностью построенных на их основе расчетных моделей. Достоверность результатов работы подтверждается результатами сопоставления решений, полученных разными методами, расчетных и экспериментальных данных, а также результатами внедрения разработанных методик и технических решений при создании подземных антенн. Отдельные претензии к обоснованию результата, относящегося к управлению электрофизическими параметрами среды, сформулированы ниже в разделе «Замечания по диссертации».

#### 6. Личный вклад автора

Личный вклад автора четко определен и сомнений не вызывает. По результатам рассмотрения диссертации не обнаружены какие-либо факты использования заимствованных материалов без ссылки на источники.

#### 7. Значимость полученных в диссертации результатов

Значимость результатов проведенных в диссертационной работе исследований для науки определяется расширением и углублением знаний в области теории и техники антенн и, в частности, в области методов решения дифракционных задач электродинамики для анализа и синтеза высокоэффективных антенн, определения их предельно-достижимых характеристик, возможных путей построения и т. д. Разработанные автором математическая модель и методика электродинамического анализа антенн, размещенных в диссипативной среде, расширяют класс задач, решаемых на основе метода моментов.

Практическая значимость результатов определяется возможностями использования разработанных моделей, методик и технических решений, а также полученных автором новые результаты исследования характеристик базовых излучателей и подземных антенных систем на их основе, при решении практических задач создания подземных антенных систем различного назначения, включая антенны систем подземной радиосвязи, а также антенн в диэлектрических укрытиях из различных материалов и метаматериалов.

О практической значимости работы дополнительно свидетельствует наличие технических решений, защищенных патентами.

#### 8. Соответствие работы заявленной специальности

Работа соответствует специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии и, в частности, пунктам 1, 2 и 3 паспорта специальности.

## 9. Апробация результатов работы

Уровень апробации результатов диссертационной работы на научных и научно-технических конференциях, а также их опубликования в отечественных периодических научных изданиях представляется вполне достаточным и удовлетворяет требованиям п.11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней. Автором (лично и в соавторстве) опубликованы 17 печатных трудов. Основные научные и прикладные результаты диссертационной работы опубликованы в 4 научных статьях в ведущих рецензируемых научных журналах, входящих в «Перечень...», в статье, помещенной в научно-аналитическом обзоре, в 9 публикациях в форме тезисов докладов. Имеются 3 патента России на изобретения.

## 10. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Основные положения, результаты и выводы диссертационной работы могут найти применение:

- в заказывающих управлениях и научно-исследовательских организациях Государственных заказчиков при определении направлений развития техники подземных антенн и обосновании тактико-технических требований к перспективным образцам;

- в 16 ЦНИИ МО РФ, АО «РИМР», АО «Концерн «Созвездие», АО «Концерн «Автоматика», ФГУП «ГСПИ РТВ», АО «НТК «НИИДАР», АО «НПП «Полет», АО «НИИ «Нептун», других предприятиях и организациях – при решении задач создания новых и модернизации действующих подземных антенн ДКМВ диапазона.

Представляется целесообразным продолжение работ по данной тематике, в том числе с участием автора.

## 11. Замечания по диссертации

1) Разработанная автором математическая модель и методика электродинамического анализа антенн, размещенных в диссипативной среде, методом моментов (раздел 2) основана, как нетрудно убедиться, на решении задачи в приближении осевого тока. Было бы целесообразно выявить ограничения, связанные с радиусами проводников и, главное, радиусом рассматриваемого в модели диэлектрического цилиндра. Однако соответствующие исследования в диссертации не отражены.

2) Пункты 3 и 4 научной новизны (с.14) логичнее было бы объединить в один, т.к. методики проектирования базовых излучателей и подземных антенных систем на их основе методологически весьма близки.



3) В диссертации не проведено сопоставление предложенных автором и ранее известных технических решений подземных антенн по параметрам стойкости.

4) В п. 1.3 диссертации (с.37) утверждается, что, как правило, подземные антенны до особого распоряжения не используются в передающем режиме. На самом деле подобные ограничения вводятся не «как правило», а лишь для определенной категории объектов. Более точной является формулировка на с. 19 диссертации.

5) Не ставя под сомнение результаты экспериментов (п.4.2), подтвердивших эффект повышения эффективности подземных антенн при наложении электростатического поля, тем не менее, считаем, что данный эффект должным образом не объяснен и не исследован. Предлагаемая в п.2.3 и публикации [133] трактовка не подкреплена математической моделью и соответствующими количественными оценками. Кроме того, исследование заявленного эффекта, строго говоря, выходит за рамки специальности 05.12.07. Считаем, что указанный материал можно было исключить из диссертации без ущерба для ее основного содержания.

6) Имеются отдельные претензии к полноте обзора состояния вопроса. По нашему мнению, при анализе технических решений подземных антенн целесообразно было дополнительно упомянуть отечественные антенны предыдущих поколений (изделия «Астра», «Пластина», «Магнит» и др.), а в число рассматриваемых автором программных средств следовало включить известный и весьма распространенный программный комплекс NEC-4.

Несмотря на отмеченные недостатки, считаем, что работа заслуживает положительную оценку.

## 12. Заключение

Диссертационная работа И.Н. Пестовского, в соответствии с п.9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития теории и техники антенн, а именно – задачи разработки научно обоснованных теоретических положений и технических решений по построению подземных антенных систем для ДКМВ радиосвязи.

Диссертация по содержанию и оформлению удовлетворяет действующим требованиям, включая требования п.п. 9, 10 Положения.

В диссертации, в соответствии с п.п.14 Положения, имеются все необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в

том числе – на научные работы соискателя. Каких-либо признаков плагиата или недобросовестного цитирования не обнаружено.

Автореферат диссертации в достаточной мере отражает ее содержание и удовлетворяет требованиям п. 25 Положения.

Работа соответствует заявленной специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ-устройства и их технологии и удовлетворяет требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Пестовский Игорь Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа и отзыв на диссертационную работу Пестовского Игоря Николаевича рассмотрены и одобрены на заседании теоретической секции ПАО «Интелтех» (протокол № 5 от 04.04.2016).

Главный научный сотрудник  
научно-технического центра,  
доктор технических наук,  
профессор

Павел Александрович Будко

Заместитель начальника отдела,  
кандидат технических наук,  
доцент

Дмитрий Владиславович Салюк

Подписи П.А. Будко и Д.В. Салюка заверяю:

Ученый секретарь ПАО «Интелтех»

кандидат технических наук, доцент

Г.А. Жуков

Публичное акционерное общество «Информационные  
телекоммуникационные технологии (ПАО «ИНТЕЛТЕХ»)  
197342, Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, д. 8  
Телефон: +7 (812) 295-50-69  
Факс: +7 (812) 542-18-49  
Сайт: <http://inteltech.ru/>  
Email: [intelteh@inteltech.ru](mailto:intelteh@inteltech.ru)