

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.03

Соискатель: Генералов Алексей Анатольевич

Тема диссертации: «Полупрозрачные вогнутые экраны антенн высокоточного спутникового позиционирования»

Специальность: 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Решение диссертационного совета по результатам защиты:

на заседании 24 декабря 2019 года, протокол № 7, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным положением «О присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, и принял решение присудить Генералову Алексею Анатольевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали:

Кузнецов Ю.В. – председатель диссертационного совета;

Горбунова А.А. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Ушкар М.Н., Важенин Н.А., Воскресенский Д.И., Гаврилов К.Ю.,
Гринев А.Ю., Канащенков А.И., Кириллов В.Ю., Комаров В.В.,
Куприянов А.И., Назаров А.В., Овчинникова Е.В., Плохих А.П.,
Пономарев Л.И., Сычев М.И., Татарников Д.В., Татарский Б.Г.,
Темченко В.С., Шевцов В.А., Юдин В.Н.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.125.03, к.т.н.

А.А. Горбунова

И.о. начальника отдела УДС МАИ
Т.А. Аникина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.12.2019 № 7

О присуждении Генералову Алексею Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Полупрозрачные вогнутые экраны антенн высокоточного спутникового позиционирования» по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» (технические науки) принята к защите «16» октября 2019 года (протокол заседания № 3) диссертационным советом Д 212.125.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Генералов Алексей Анатольевич, 1993 года рождения, в 2016 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» по специальности 03.04.01 «Прикладные математика и физика», работает математиком в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре 406 «Радиофизика, антенны и микроволновая техника», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Татарников Дмитрий Витальевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Радиофизика, антенны и микроволновая техника», профессор.

Официальные оппоненты:

1. Петров Александр Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Акционерное общество «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (АО "НПО им. С.А. Лавочкина"), главный научный сотрудник;
2. Глыбовский Станислав Борисович, кандидат физико-математических наук, доцент, Санкт-Петербургский НИУ информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО), физико-технический факультет, научный сотрудник;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт радиотехники» (АО «ВНИИРТ»), г.Москва в своем положительном отзыве, подписанном Андреевым Владимиром Федоровичем, кандидатом технических наук, начальником антенного отдела, Вовшиным Борисом Михайловичем, доктором технических наук, старшим научным сотрудником, профессором аспирантуры АО «ВНИИРТ», Инденбомом Михаилом Вульфовичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, начальником сектора антенного отдела и утвержденном Порсевым Валерием Иосифовичем, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора по научной работе, указала, что диссертация

является законченной самостоятельной научной работой, посвященной решению актуальной научно-технической задачи создания полупрозрачных экранов и антенн для увеличения отсечки диаграммы направленности антенны вне рабочей области углов.

Сделаны выводы о том, что диссертация «Полупрозрачные вогнутые экраны антенн высокоточного спутникового позиционирования» полностью соответствует требованиям положения «О порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Генералов Алексей Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Отзыв обсужден и одобрен на секции НТС антенного отдела (протокол № 3 от 07.11.2019).

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы, получен патент и подана заявка на патент. Кроме того, опубликовано 5 статей в базе ресурсов IEEE Xplore Digital Library и Scopus, и 2 публикации в сборниках трудов конференций.

Наиболее значимые публикации соискателя:

в рецензируемых научных изданиях:

[1]. Татарников Д.В., Генералов А.А., Вогнутые полупрозрачные экраны для отсечки поля в нерабочей области углов антенны, М.: Радиотехника, Антенны, №10, 2018, с.3-14.

[2]. Татарников Д.В., Генералов А.А., Вогнутые полупрозрачные экраны для отсечки поля в зоне тени, Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. №1, 2018, <http://jre.cplire.ru/jre/jan18/7/text.pdf>

[3]. Татарников Д.В., Генералов А.А., Синтез полупрозрачного плоского транспаранта, формирующего ДН с отсечкой. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. №2, 2017, <http://jre.cplire.ru/jre/feb17/7/text.pdf>

патенты:

[4].Tatarnikov D., Generalov A., Chernetskiy I., “Antenna radomes forming a cut-off pattern”, патент US 15124071 B2, 23.04.2019.

[5].Tatarnikov D., Generalov A., Astakhov A., “Compact integrated GNSS antenna system with vertical semitransparent screen for reducing multipath reception”, PCT RU 2018/000240, заявка от 18.04.2018.

в IEEE Xplore Digital Library и Scopus:

[6].Tatarnikov D.V., Generalov A.A., Semi-transparent lossy surfaces for cutoff of the fields in microwave shadow domain, METANANO 2019 - IV International Conference on Metamaterials and Nanophotonics, St. Petersburg, Russia, 2019.

[7].Tatarnikov D., Generalov A., Voskresenskiy D., Synthesis of Microwave Concave Semitransparent Screen for Reduction of Radiation in the Shadow Domain, Photonics & Electromagnetics Research Symposium - Spring (PIERS-Spring), Rome, Italy, 2019.

[8].Tatarnikov D.V., Astakhov A.V., Stepanenko A.P., Generalov A.A., Periodic structures, high impedance and semitransparent surfaces in antennas for centimeter and millimeter precision of positioning with the Global Navigation Satellite Systems, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series, Vol.1092, 2018. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1092/1/012150>.

[9].Tatarnikov D., Generalov A., On impedance synthesis of a semitransparent screen for high-precision navigation antennas, Proc. of 2018 14th International Conference "Stability and Oscillations of Nonlinear Control Systems" (Pyatnitskiy's Conference) (STAB), M.: IEEE, 2018. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8408406>.

[10]. Tatarnikov D., Generalov A., Semitransparent screen for cutoff of the far fields in the shadow domain. / Proc. of Progress in Electromagnetic Research Symposium PIERS 2017, St. Petersburg, Russia, pp.800–05.

Работы [1]-[3] написаны в неразделимом соавторстве с научным руководителем Д.В. Татарниковым. В работе [1] на примере прототипа компактной антенной системы спутникового позиционирования с

размерами традиционного экрана порядка $\frac{1}{2}$ длины волны показано, что применение вертикальной полупрозрачной части обеспечивает возможность реализации подавления поля антенны в направлении в надир порядка -15...-17дБ по отношению к зенитному. Соискателем были проведены расчеты, созданы экспериментальные прототипы антенных систем и проведены натурные эксперименты. Также экспериментально показано отсутствие заметных вносимых полупрозрачным экраном тепловых потерь и дополнительного рассогласования антенны с трактом. В работе [2] рассмотрены вогнутые полупрозрачные экраны, обеспечивающие резкий перепад (отсечку) ДН источника излучения при пересечении границы зоны тени. Рассмотрение велось в сравнении с задачей формирования отсечки ДН в случае с плоским полупрозрачным транспарантом. Развита методика синтеза импеданса в приближении геометрической оптики. Проведена численная оценка границ применимости предлагаемого подхода. За пределами применимости приближения геометрической оптики соискателем разработана оптимизационная процедура синтеза. Показано, что основным ограничивающим фактором в реализации ДН с отсечкой является размер экрана. В работе [3] рассматривался плоский полупрозрачный транспарант, обеспечивающий резкую убыль (отсечку) КУ антенны при переходе в нерабочую область углов. В работе была предложена аналитическая процедура синтеза импеданса транспаранта в геометро-оптическом приближении. Соискателем были численно исследованы границы применимости геометро-оптического приближения и была построена численная процедура синтеза. За пределами геометрической оптики развита численная процедура синтеза. Показано, что основным фактором, ограничивающим возможные величины отсечки, является расстояние от источника до транспаранта. Получены оценки реализуемой отсечки, в том числе с учетом частотных зависимостей реактивных компонент импеданса транспаранта. Патент [4] написан в неразделимом соавторстве с

Д.В. Татарниковым и И.М. Чернецким. В этом патенте закреплены прототипы конструкций антенных обтекателей с полупрозрачными поверхностями, служащими для обеспечения ДН с резкой отсечкой. Также подана заявка на патент [5]. В этой заявке описаны конструкции малогабаритных антенных систем с полупрозрачными экранами, позволяющими реализовать подавление поля в направлении анти-нормали к плоскости антенны.

В работах [6]-[10] показано, что процедуры синтеза на основе методов оптимизации с применением регуляризации позволяют получить физически реализуемые распределения импеданса. Результаты численного синтеза были подтверждены строгим электродинамическим моделированием и натурными экспериментами. Соискателем были построены математические модели и численные процедуры синтеза импеданса вогнутых полупрозрачных экранов.

В работах соискателя по теме диссертации в полном объеме отражены представленные в диссертации материалы и положения, выносимые на защиту.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Петров Александр Сергеевич (официальный оппонент).

Отзыв заверен заместителем генерального директора по персоналу АО "НПО им. С.А. Лавочкина" И.В. Шолоховой.

Были получены замечания по диссертационной работе о том, каких предельных величин отсечки можно достичь с использованием предложенных подходов, например, при дальнейшем увеличении расстояния между источником и экраном, а также о том, какие сложности возникают при реализации отсечки и о том, как будет работать экран при иной форме ДН источника. Также был задан вопрос о том, как провести расчет номиналов сосредоточенных компонентов при перенастройке полупрозрачной структуры для работы в другом частотном диапазоне.

При этом подчеркнута, что «Отмеченные недостатки не снижают общего положительного впечатления о проделанной работе».

Глыбовский Станислав Борисович (официальный оппонент).

Отзыв заверен специалистом по кадрам «Национальный исследовательский университет ИТМО», Сергеевой С.А.

Были получены замечания по диссертационной работе о том, что в третьей главе экран оптимизируется только по отношению к вертикальной поляризации. Кроме того, о выборе геометрии лент и способе расчета номиналов сосредоточенных компонентов при реализации заданного импеданса, а также о влиянии стандартного разброса номиналов сосредоточенных компонентов на результирующую ДН.

При этом подчеркнута, что «указанные недостатки не снижают общую высокую оценку работы, которая является образцом научного труда высочайшего уровня и вносит значительный вклад в современную теорию и технику антенн».

АО «ВНИИРТ» (ведущая организация)

Отзыв утвержден заместителем генерального директора по научной работе Порсевым Валерием Иосифовичем, доктором технических наук, профессором.

Были получены замечания по диссертационной работе о том, что не учитывается влияние кросс-поляризации при рассмотрении полупрозрачных структур в виде сеток. Кроме того, о том, что не приводятся данные по сходимости построенных численных процедур, а в процедуре численного решения интегрального уравнения встречается вычисление интеграла с особенностью и не поясняется, каким образом произведено его вычисление.

При этом подчеркнута, что «указанные замечания не уменьшают научную и практическую значимость результатов, полученных автором, и поэтому не снижают общую положительную оценку работы».

На автореферат и диссертацию также поступило 10 отзывов из организаций:

1. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика А.И. Берга» (АО «**ЦНИРТИ им. академика А.И. Берга**») – отзыв подписан заместителем начальника НИЦ космических и авиационных систем РЭН, к.т.н. Фесенко М.В. и утверждён генеральным директором, председателем Ученого совета, д.т.н., профессором Андреевым Г.И.

2. Акционерное общество «Научно-исследовательский институт электромеханики» (АО «**НИИЭМ**») – отзыв подписан ведущим научным сотрудником, к.т.н. Гаджиевым Э.В. и утверждён заместителем генерального директора по космическим системам, к.т.н., Салиховым Р.С.

3. Акционерное общество «Научно-исследовательский институт точных приборов» (АО «**НИИ ТП**») – отзыв подписан главным научным сотрудником научно-технического совета, д.т.н., профессором Наумовым П.Н. и утверждён заместителем генерального директора по науке, д.т.н., д.в.н., профессором Кострюковым В.Ф.

4. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (СПбГЭТУ «**ЛЭТИ**») – отзыв подписан профессором, д.ф.-м.н. Вендик И.Б. и заверен начальником ОДС Русяевой Т.Л.

5. Акционерное общество «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «**Корпорация «ВНИИЭМ**») – отзыв подписан главным конструктором антенно-фидерных устройств космических аппаратов, начальником лаборатории прикладной электродинамики, д.т.н. Федотовым А.Ю. и утверждён заместителем генерального директора по научной работе, д.т.н., профессором Геча В.Я.

6. **ООО «РадиоГигабит»** – отзыв подписан директором по исследованиям и разработкам, к.ф.-м.н. Артеменко А.А. и заверен генеральным директором, к.ф.-м.н. Масленниковым Р.О.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина» (**ФГБОУ ВО «РГРТУ»**) – отзыв подписан заведующим кафедрой радиотехнических устройств д.т.н., профессором Паршиным Ю.Н. и заверен учёным секретарём Учёного совета РГРТУ, к.т.н., доцентом Пржегорлинским В.Н.

8. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (**МИИГАиК**) – отзыв подписан директором астрономической обсерватории, к.т.н. Луповкой В.А. и заверен учёным секретарём Учёного совета МИИГАиК Крыловым В.И.

9. Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (**ФГУП «ВНИИФТРИ»**) – отзыв подписан начальником отдела 12, к.т.н. Баженовым Н.Р. и заверен начальником отдела кадров Лобовой О.А.

10. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук (**ИПУ РАН**) – отзыв подписан главным научным сотрудником, зав. лабораторией №16 «Динамики нелинейных процессов управления им. Е.С. Пятницкого», д.ф.-м.н. Рапопортом Л.Б. и заверен вед. инженером Жуковой Н.П.

Основные замечания по содержанию работы касались также влияния разброса номиналов сосредоточенных компонентов на результирующую ДН. Кроме того, поступили вопросы о взаимном влиянии антенны и экрана и оценке вносимых экраном потерь, а также вопросы, касающиеся точности определения местоположения, стабильности фазового центра предложенной

антенной системы и сравнением с другими высокоточными навигационными антеннами сетей базовых станций типа Choke Ring.

Все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат, положительные и содержат заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующими соображениями. Официальные оппоненты являются признанными специалистами в теории антенн и СВЧ-устройств; имеют публикации, близкие по теме диссертационной работы, являются сотрудниками разных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем. Ведущая организация широко известна своими научными достижениями в соответствующей сфере исследования; сотрудники антенного отдела АО «ВНИИРТ» Инденбом М.В., Андреев В.Ф., составившие и подписавшие отзыв ведущей организации, являются ведущими специалистами по теории антенн и СВЧ-устройств и имеют актуальные публикации по тематике диссертационной работы соискателя. Соискатель и научный руководитель соискателя не работают в данной организации и не являются участниками научно-исследовательских работ, ведущихся в этой организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований предложено решение актуальной научно-технической задачи в области антенной техники – создание полупрозрачных экранов и антенн для увеличения отсечки диаграммы направленности антенны вне рабочей области углов. Соискателем разработаны численные процедуры синтеза вогнутых полупрозрачных экранов, позволяющих обеспечить резкую отсечку диаграммы направленности при переходе в нерабочую область углов антенны, а также построены прототипы малогабаритных антенных систем с полупрозрачными экранами, служащими для уменьшения коэффициента усиления антенны в нерабочей области углов

и повышения точности позиционирования. В диссертации получены следующие основные результаты:

1. Вогнутые экраны с полупрозрачным окончанием позволяют значительно улучшить крутизну отсечки поля при переходе в нерабочую область углов антенны по сравнению с идеально проводящими. Основным фактором, ограничивающим реализуемую крутизну отсечки, является радиус экрана.

2. Экраны с чисто резистивным импедансом, синтезированным на основе приближения геометрической оптики, обеспечивают отсечку поля в угловом секторе $\pm 10^\circ$ на величину порядка -30дБ и лучше при радиусе экрана порядка 30 длин волн и более. Для экранов меньшего радиуса, синтезированных на основе численной оптимизационной процедуры, импеданс комплексный, реализуемая отсечка поля в этом же секторе составляет порядка -12...20дБ при радиусе экрана 1...2 длины волны.

3. Процедуры синтеза на основе методов глобальной оптимизации с применением регуляризации позволяют получить физически реализуемые распределения импеданса. Результаты синтеза на основе усредненных граничных условий тонкого слоя подтверждены строгим электродинамическим моделированием и натурными экспериментами.

4. Экраны размерами порядка 4 длин волн в диаметре с комплексным профилем импеданса обеспечивают отсечку поля на величину порядка -20дБ в угловом секторе $\pm 10^\circ$.

5. Предложены малогабаритные экраны размерами порядка $\frac{1}{2}$ длины волны, позволяющие реализовать подавление поля в направлении анти-нормали к плоскости антенны до величин порядка -17...20дБ.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

Получены строгие аналитические выражения для импеданса полупрозрачного экрана в приближении геометрической оптики, изучены границы применимости этого приближения и показаны оценки габаритов вогнутых экранов с переменным импедансом для реализации заданных

величин отсечки поля. На примере остронаправленной антенны в виде антенной решетки показано, что при помощи вогнутого полупрозрачного экрана, размер которого незначительно превосходит размер решетки, уровень заднего лепестка удастся снизить на 15дБ, начиная от углов, близких к касательным к плоскости решетки.

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

Разработана и внедрена компактная антенная система спутникового позиционирования с полупрозрачным экраном, параллельным направлению максимума ДН, служащим для уменьшения ошибки многолучевости. Построенные опытные образцы антенных систем применяются в НИОКР, проводимых компанией «Топкон Позишинг Системс» в направлении совершенствования антенной техники высокоточных геодезических ГНСС приемников, что подтверждается соответствующим актом внедрения, прилагаемым к диссертации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- использование апробированных методов вычислительной электродинамики;
- совпадение результатов приближенного численного решения с результатами строгого электродинамического моделирования;
- согласованность результатов расчетов с натурным макетированием.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке математических моделей и построении численных процедур;
- проведении расчетов, создании экспериментальных прототипов антенных систем и проведении натуральных экспериментов;
- обработке полученных результатов;
- подготовке научных публикаций и апробации полученных результатов на международных конференциях по тематике исследований.

На заседании 24 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Генералову А.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии», участвующих в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» 21, «против» 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета Д 212.125.03
д.т.н., профессор



Ю.В. Кузнецов

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.125.03
к.т.н.



А.А. Горбунова

24.12.2019 г.

