



УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор ТУСУР,
д.т.н., профессор
Ю.А. Шурыгин
«28» 09.2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

Диссертация «Влияние технологических факторов на радиотехнические характеристики антенн космических аппаратов» выполнена в ТУСУРе на кафедре сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники (СВЧиКР).

В период подготовки диссертации соискатель Доманов Сергей Константинович обучался в очной аспирантуре ТУСУРа.

В 2012 г. окончил Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники по специальности «Радиотехника».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2017 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Научный руководитель – Гошин Геннадий Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры СВЧиКР федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Доманова Сергея Константиновича является научно-квалификационной работой, в которой решаются задачи по оценке влияния

различных факторов, оказывающих влияние на радиотехнические характеристики антенн космических аппаратов (КА). В результате проведенных автором работ качественно и количественно исследован ряд факторов, оказывающих влияние на РТХ антенн КА при измерениях на современных автоматизированных измерительно-вычислительных комплексах, что имеет значение для технических наук.

Актуальность темы

КА позволяют решать огромный спектр задач, в которые входят, в том числе и обеспечение безопасности государства, и спасение человеческих жизней. Антенны – являются важнейшей частью полезной нагрузки КА, определяющей энергетические параметры радиолинии в целом. Совершенствование методов измерения, выявление и анализ различных особенностей их практического применения при производстве антенн КА повышает адекватность оценки радиотехнических характеристик антенных устройств и определяет их соответствие заданным требованиям. Помимо этого, важны поиск и оценка возможностей по повышению эффективности процесса измерений антенн КА, что позволит сократить временные издержки при их производстве.

Поэтому актуальность исследований по оценке факторов, оказывающих влияние на результирующие радиотехнические характеристики антенн КА при их производстве, подтверждается высокой степенью важности решаемых задач и критической роли, которую определяют антенны в полезной нагрузке КА любого типа и назначения.

Личное участие автора в получении результатов

Диссертация является итогом исследований автора, проводившихся совместно с сотрудниками АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва». Основные исследования, результаты которых представлены в диссертационной работе, были выполнены по инициативе автора. Совместно с научным руководителем обсуждались цели

работы и пути их достижения, а также результаты работы. Личный вклад автора включает планирование экспериментов, моделирование в САПР, обработку экспериментальных результатов.

Степень достоверности результатов

Достоверность полученных результатов основывается на применении современного сертифицированного и поверенного оборудования, физически обоснованных экспериментальных методик, согласованности результатов аналитической оценки, моделирования в специализированном ПО и результатов эксперимента, воспроизводимости полученных результатов, совпадением с результатами других авторов. Верификация результатов измерений антенн обеспечивалась путем использования различных методов измерений (методы ближней и дальней зоны), частотного и времяимпульсного оборудования, различных зондовых антенн, схем с преобразованием частоты и с использованием волоконно-оптической линии передачи.

Новизна результатов

1. Впервые показана согласованность отклонений электрических осей ДН, полученных по результатам аналитической оценки, электродинамического моделирования и измерений амплитудно-фазового распределения (АФР) в ближней зоне (БЗ) бортовой антенны Q -диапазона с эллиптической поляризацией при отклонении апертуры зондовой антенны (ЗА) в пределах четверти длины волны от нормали к плоскости сканирования.

2. Впервые экспериментально подтверждена возможность использования шага сканирования, превышающего в два раза рекомендуемый шаг, для восстановления ДН до уровня минус 35 дБ в пределах погрешности АИВК БЗ на примере осесимметричной двухзеркальной бортовой антенны Ka -диапазона, что позволило сократить время измерений в два раза.

3. Впервые экспериментально подтверждено совпадение результатов измерений КУ в БЗ на плоскости, полученных посредством однопортового и

двухпортового методов, на примере бортовой многолучевой антенны (МЛА) Q -диапазона, позволившим более чем в 1,6 раза сократить время измерений.

4. Впервые показана высокая согласованность определения направления электрической оси на примере двухзеркальной осесимметричной антенны K -диапазона по результатам измерений в БЗ на плоскости при различных углах отклонения ЗА от нормали к плоскости сканирования и отмечены уровни ДН, восстанавливаемых с точностью, не превышающей погрешность АИВК БЗ для соответствующего отклонения зондовой антенны.

5. Впервые представлены результаты о влиянии корпуса КА на результаты измерений МЛА Q -диапазона.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

1. Показана возможность взаимозаменяемости АИВК дальней и ближней зон для измерения амплитудной ДН зеркальных антенн Ku - и K -диапазона в пределах главного и первых боковых лепестков.

2. Показана нецелесообразность использования антенных рефлекторов, прошедших технологический ремонт, для анализа РТХ антенн, когда размер поврежденных участков превышает длину волны.

3. Экспериментально подтверждена возможность использования как ЗА, входящих в состав АИВК, так и ЗА производства АО «ИСС» для измерения амплитудных ДН направленных антенн.

4. Экспериментально подтверждена возможность сокращения времени измерений за счет увеличения шага сканирования до размера длины волны без потери точности измерений при восстановлении ДН до уровня минус 35 дБ, а также за счет использования двухпортовых измерений АФР МЛА Q -диапазона с использованием современного ВАЦ, обеспечивающих точность измерений в пределах погрешности АИВК.

5. Показано, что смещение ЗА от нормали к поверхности сканирования в пределах 3-х длин волн не приводит к погрешности восстановления электрической оси антенны, превышающей погрешность АИВК.

6. Результаты диссертационной работы были использованы в производственном процессе в АО «ИСС» при наземной экспериментальной отработке перспективных КА серии «Благовест», «Луч», «ГЛОНАСС К2» и др.

Ценность научных работ соискателя

Ценность работы соискателя заключается в получении экспериментальных результатов по качественной и количественной оценке влияния ряда факторов на РТХ антенн КА при проведении измерений на производстве. Так же ценность представляют результаты, позволяющие сократить время измерений без потери точности. Помимо этого полученные соискателем результаты полезно использовать в учебном процессе для студентов радиотехнических специальностей. Ценность работ соискателя подтверждается апробацией и публикациями их результатов в ведущих рецензируемых журналах и материалах конференций, а так же использованием на практике (акты внедрения).

Соответствие требованиям пункта 14 Положения ВАК

Требования, установленные пунктом 14 Положения ВАК, выполнены: в диссертации автор ссылается на источники заимствования материалов, во Введении автор отметил, что часть результатов получена совместно с соавторами научных публикаций и в каждом оригинальном разделе диссертации привёл ссылки на работы.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертация Доманова Сергея Константиновича соответствует специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии в области исследования «Исследование характеристик антенн и СВЧ устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т.д.» по п. 2 паспорта специальности.

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

По результатам исследований опубликовано 15 работ, из них: 4 статьи в журналах из перечня ВАК, 5 публикаций в трудах международных конференций, 6 публикаций в трудах отечественных конференций:

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Доманов С.К. Антенна с контурной диаграммой направленности производства АО «ИСС» / С.К. Доманов, А.В. Мухин, Е.Ю. Узолин, А.Г. Романов. – Научно-технические технологии. – 2015, № 3. С. 44–47.
2. Мухин А.В. Измерения радиотехнических характеристик антенны Ку-диапазона в измерительных комплексах ближнего и дальнего поля / А.В. Мухин, С.К. Доманов // Информационные технологии. – 2016. – Т.14. – №2. – С 184–187.
3. Мухин А.В. Исследование отклонения диаграммы направленности офсетной антенны эллиптической поляризации / А.В. Мухин, С.К. Доманов // Доклады ТУСУРа. – 2016. – Т.19. – №2. – С 28–30.
4. Доманов С.К. Исследование влияния увеличения шага ближнеполевого сканирования на точность восстановления диаграммы направленности бортовой антенны космического аппарата / С.К. Доманов, Г.Г. Гошин // Доклады ТУСУРа. – 2017. – Т.20. – №4. – С 20–22.

Доклады в трудах международных конференций

- 1 Мухин А.В. Сравнительный анализ радиотехнических характеристик антенны Ka-диапазона при измерениях в ближнем поле с использованием антенн-зондов различных производителей / А.В. Мухин, С.К. Доманов. – Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Современные технологии в науке и образовании», Рязань, 2016. С. 103–107.
- 2 Доманов С.К. Анализ влияния антенной сотопанели космического аппарата на радиотехнические характеристики антенны Q-диапазона // Материалы докладов XXII Международной научно –

технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР – 2017» – Томск: Издательство «В-Спектр», 2017. С. 15–20.

- 3 Гошин Г.Г., Доманов С.К. Ближнеполевые измерения коэффициента усиления зеркальных антенн. Материалы докладов VII Международной науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы радиофизики» – Томск. – 2017. – С.43–47.
- 4 Доманов С.К. Экспериментальное исследование влияния отклонения измерительного зонда от нормали к плоскости сканирования на характеристики направленности зеркальной антенны. Материалы докладов XIII-й Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2017. – С. 139–142.
- 5 Доманов С.К. Особенности измерения коэффициента эллиптичности на автоматизированном измерительном комплексе дальней зоны в частотной области. Материалы докладов XIII-й Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления». Ч. 1. – Томск: В-Спектр, 2017. – С. 142-144.

Доклады в трудах всероссийских конференций

1. Доманов С.К. Измерение коэффициента усиления рупорной антенны в дальней зоне с помощью частотного и времяимпульсного оборудования в диапазоне до 17 ГГц // С.К. Доманов, А.В. Мухин, И.В. Коньшев. – Материалы докладов всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР-2014», Томск, 2014. – С. 11–14.
2. Мухин А.В. Определение возможности измерения радиотехнических характеристик контурных антенн в составе космического аппарата методом ближнего поля // А.В. Мухин, С.К. Доманов, И.В. Коньшев. – Материалы докладов всерос. науч.-техн. конф. «Современные проблемы радиоэлектроники», Красноярск, 2014. – С. 342–346.

3. Доманов С.К. Анализ влияния технологического ремонта на радиотехнические характеристики антенны из композитных материалов в Q -диапазоне // С.К. Доманов, А.В. Мухин, И.В. Конышев. – Материалы докладов всерос. науч.-техн. конф. «Современные проблемы радиоэлектроники», Красноярск, 2015. – С. 387–390.
4. Мухин А.В. Анализ влияния технологической оснастки на радиотехнические характеристики зеркальной антенны // А.В. Мухин, С.К. Доманов. – Материалы докладов всерос. науч.-техн. конф. «Современные проблемы радиоэлектроники», Красноярск, 2016. – С. 103–107.
5. Доманов С.К. Сравнительный анализ результатов измерений радиотехнических характеристик антенны K -диапазона в измерительном комплексе ближнего поля в схемах с преобразованием частоты и с использованием широкополосной волоконно-оптической линии передачи / С.К. Доманов, А.В. Мухин. – Материалы докладов всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР-2016», Томск, 2016. – С. 32–35.
6. Доманов С. К. Перспективы применения комплексов для измерения характеристик антенн в зоне Френеля в АО «ИСС» // Сборник тезисов IV-й научно-технической конференции молодых специалистов АО «ИСС» «Разработка, производство, испытания и эксплуатация космических аппаратов и систем», Красноярск, 2017. – С.37–39.

Диссертация «Влияние технологических факторов на радиотехнические характеристики антенн космических аппаратов» Доманова Сергея Константиновича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Заключение принято на заседании научного семинара кафедры СВЧ и КР.

Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» – 14 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол №2 от 27 сентября 2018г.



Шарангович Сергей Николаевич,
Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник, кафедра
сверхвысокочастотной и квантовой
радиотехники, заведующий кафедрой