

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Маслова Олега Николаевича
на диссертацию Мухина Александра Васильевича

«ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии

Совершенствование действующих и разработка новых инфокоммуникационных систем и сетей остается в настоящее время одной из актуальных задач мирового сообщества. Особый интерес при этом представляют трансконтинентальные системы космической связи (СКС), призванные сыграть важную роль в становлении мировой экономики XXI века – которую специалисты-футурологи называют сетевой, а также информационной, инновационной и экономикой знаний. Современные СКС обладают существенными достоинствами, к числу которых относятся:

- возможность оперативного формирования сетевой инфраструктуры, охватывающей большие территории и не зависящей от наземных систем и сетей;
- использование технологии доступа к ресурсам и возможность одновременной доставки нужной информации большому числу пользователей при приемлемых затратах на создание и эксплуатацию СКС;
- возможность передавать по одному каналу СКС разнородной информации (голос, данные, изображение, Internet-приложения) в любую периферийную точку сети с гарантированным высоким качеством.

Важное значение в этой связи приобретает совершенствование аппаратуры СКС, размещенной на борту космических аппаратов (КА), в том числе антенно-фидерных устройств (АФУ) – с учетом того, что эти АФУ, с одной стороны, должны быть максимально легкими, малогабаритными и конструктивно простыми, а с другой стороны – должны удовлетворять всем поставленным требованиям в отношении их практической эффективности. Проводимые при создании таких АФУ производственные и экспериментальные измерения всегда требовали особой тщательности, а с ростом сложности конструкций АФУ и увеличением их рабочих частот требования к точности указанных измерений еще более возрастают.

Специфика зеркальных АФУ, устанавливаемых на КА, особенно с ростом срока их активного существования, который сегодня проектировщики СКС стремятся увеличить до 15 лет, дополнительно ужесточает требования к характеристикам АФУ и условиям проведения их измерений для гарантированного обеспечения высоких характеристик. Поэтому тема диссертационной работы Мухина А.В., направленная на совершенствование ряда аспектов измерений зеркальных АФУ для СКС, *представляется актуальной*.

Цель работы – усовершенствование процесса проектирования зеркальных АФУ для КА – сформулирована четко. *Предмет исследования*, к сожалению, аналогичным образом не указан и не охарактеризован, поэтому лишь после прочтения работы в целом становится понятно, на каком этапе создания СКС автор предполагает применить полученные результаты, какие конкретные мероприятия предлагает в итоге. *Постановка научно-технических задач* и перечень *методов исследования* даны в самом общем виде и очень кратко, а в отношении методов и средств проектирования непосредственно АФУ сказано только, что моделирование производилось с применением лицензионного ПО GRASP производства TICRA, «используемого большинством компаний-разработчиков космической и наземной антенной техники» (см. с. 31 диссертации). С точки зрения производителя, возможно, этого вполне достаточно, но в научном плане звучит, по меньшей мере, не совсем привычно.

Структура работы представляется логически выстроенной. *Первый раздел* (см. с. 10-30 диссертации) содержит обзор актуальных задач в области исследования зеркальных АФУ для КА, включая анализ требований к ним и исходных условий для их проектирования. Обращает на себя внимание рассмотрение ряда технологических особенностей, которое показывает, что автор ориентируется в данной предметной области достаточно хорошо не только в теоретическом, но и в практическом отношении. Впечатляет описание автоматизированного измерительно-вычислительного комплекса (АИВК) для измерения характеристик АФУ (см. с. 16-20 диссертации) – располагая горизонтальным и вертикальным сканерами, используя частотный и временной методы измерения, создатели этих элементов СКС действительно в состоянии решать поставленные перед ними задачи на самом высоком уровне, вне зависимости от зарубежных поставщиков. Кратко обозначены способы формирования диаграмм направленности (ДН), соответствующих заданной территории обслуживания СКС – причем утверждается, что все проблемы здесь решены, но это тоже не совсем понятно и привычно. Наиболее убедительны разделы, посвященные влиянию технологических факторов на

характеристики АФУ и совершенствованию методик проведения экспериментальных исследований с применением разных измерительных средств – компетентность диссертанта в данных вопросах сомнений не вызывает. Хотя как он сумел здесь обойтись без оценки метрологической точности – остается загадкой, о чем пойдет речь при указании на недостатки работы. Традиционный раздел с выводами по первой главе (см. с. 28-30) назван «Постановка задач исследования», что неочевидно, но в данном случае оправдано.

Во втором разделе (см. с. 31-48 диссертации) представлены конечные результаты компьютерного моделирования зеркальных АФУ для КА с помощью указанного ПО GRASP производства TICRA. Это сугубо «инженерная» часть диссертации, без которой в данном случае обойтись нельзя – но научные аспекты процесса проектирования АФУ можно и нужно было или отразить на более высоком аналитическом уровне, или дополнить какими-то собственными идеями, предложениями и моделями. Как следствие, краткие выводы по второй главе (см. с. 48) неконкретны и какой-либо новой информации, а тем более научных знаний, не несут. Хотя «космическая» специфика предметной области позволяет, и даже прямо предполагает наличие такого рода знаний – здесь автор, на мой взгляд, недоработал.

Третий раздел (см. с. 49-98 диссертации) посвящен экспериментальному исследованию характеристик АФУ для КА современными методами и средствами, указанными автором в первом разделе. Представлены результаты сравнительного исследования зарубежного и отечественных образцов АФУ, идея которого заключается в переходе на собственное производство оборудования СКС. Судя по всему, идет этот процесс не во всем гладко, в ряде случаев появляется брак, который диссертант деликатно именуется фактором, требующим «технологического ремонта» АФУ (см. с. 63 диссертации). Представленный объем экспериментального материала представляется главной научной ценностью, поскольку дает возможность исследовать и моделировать параметры эффективности АФУ методами и средствами статистической теории антенн (СТА) – примеры решения таких задач характерны для первоначального этапа развития СТА полувековой давности. На радикально обновленной технологической базе, с учетом прогресса в области компьютерной голографической техники и достижений новых информационных технологий, а также при очевидной актуальности и значимости их аэрокосмических приложений – эта тематика имеет замечательные перспективы. Но если автору для продолжения работ потребуется более прочный научный фундамент, ему неизбежно придется от детермини-

рованных методов проведения исследований переходить к статистическим имитационным, а от традиционной теории апертурных АФУ – к СТА. Ведь даже заданные контуры зон на рисунке 3.8 и проекции ДН на рисунке 3.13 (см. с. 56 и с. 62 диссертации), которые должны соответствовать друг другу, в реальности представляют собой «пятна» с настолько размытыми краями, что их совмещение представляет собой задачу, решение которой проектировщиками АФУ может быть осуществлено в форме утверждений, но не доказано более строго и объективно. Тем не менее, именно третий раздел (см. также обширные и конкретные выводы на с. 96-98 диссертации) позволяет судить об авторе, как о вполне сложившемся научном работнике, способном к самостоятельной и эффективной инновационной деятельности.

Четвертый раздел (см. с. 99-125 диссертации) содержит конкретный материал, связанный с эксплуатацией АИВК в интересах моделирования и контроля параметров АФУ для КА в производственных условиях. Безусловным его достоинством является высокая практическая значимость и наглядная убедительность, которой способствует необычно высокое для большинства аспирантских работ качество цветного иллюстративного материала. *Введение* (см. с. 4-9 диссертации) содержит изложение текста на с. 3-6 автореферата, *заключение* (см. с. 126 диссертации) фактически отсутствует. *Список аббревиатур* (см. с. 127-128) можно было сократить до одной страницы без ущерба для содержания; *списки литературы* (см. с. 129-133 диссертации и с. 18-19 автореферата) оформлены с нарушениями общепринятых библиотечных правил; *объем автореферата* завышен на 20%. Вместе с тем *полиграфическое оформление* представленных на отзыв материалов выше всяких похвал; *язык и стиль* везде грамотные, текст без опечаток.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций представляются убедительными. Полученные новые данные в достаточной мере подтверждены и обоснованы: результаты моделирования, например, обоснованы выбором системы Grasp, которая основана на методе физической оптики, наиболее пригодном для зеркальных АФУ в области частот до десятков ГГц. Экспериментальные исследования ориентированы на различные методы и средства проведения измерений, что дает возможность убедительно обосновать достижение требуемых характеристик АФУ. Достоверность полученных экспериментальных данных обеспечивается как высоким научно-технологическим уровнем используемых методик, так и метрологическими характеристиками современного

измерительного оборудования, которое в условиях каждого предприятия, работающего в сфере производства аппаратуры СКС, безусловно является сертифицированным и регулярно поверяется.

В отношении *новизны полученных результатов* следует отметить, что они обусловлены и во многом формально определены уровнем российских производителей оборудования для СКС, поскольку ориентированы на образцы АФУ для КА, производимые Акционерным обществом «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева (далее АО «ИСС»). Однако поскольку речь идет об одном из ведущих отечественных производителей КА, разработки и исследования которого уникальны для нашей страны, их можно признать соответствующими национальному уровню новизны.

В соответствии с изложенным, на защиту выносятся следующие основные положения, обладающие необходимой, по моему мнению, *научной новизной и практической значимостью*:

- результаты моделирования и количественные оценки параметров одно- и двухзеркальных офсетных АФУ для заданной зоны обслуживания;
- методика и результаты экспериментального исследования характеристик зеркальных контурных АФУ для К-диапазона частот в ближней зоне;
- результаты оценки качества доводки (технологического ремонта) рефлектора АФУ для Q-диапазона частот, выполненные с помощью контрольно-измерительной машины и сканера ближнего поля;
- результаты аналитического моделирования и экспериментального исследования влияния эллиптической поляризации облучателя на отклонение ДН офсетного АФУ;
- методики измерения характеристик АФУ для КА в условиях производства на предприятии АО «ИСС» с целью обеспечения их гарантированного соответствия заданным техническим требованиям.

В целом представленную к защите диссертацию можно классифицировать, с одной стороны, как *квалификационную работу* прикладного характера, соответствующую всем установленным нормам и правилам, с другой стороны – как завершенное на данном этапе *научное исследование*, которое имеет очевидную перспективу продолжения. Чтобы закончить с обязательными формулировками отмечу также, что *оригинальный характер* впервые и лично полученных автором результатов сомнений не вызывают: в обзорной главе диссертант корректно ссылается на источники заимствования материалов, а в оригинальных главах – на свои публикации и работы в соавторстве.

Число публикаций и уровень апробации (три статьи в журналах из перечня ВАК: «Научноемкие технологии», «Инфокоммуникационные технологии», «Доклады ТУСУР», материалы девяти научно-технических конференций в г.г. Томске, Рязани и Красноярске) соответствуют общепринятым критериям.

Об **эффективности внедрения** можно судить по актам, полученным от АО «ИСС», где указаны конкретные типы КА: «Луч», «Енисей», «Благовест», для которых были предназначены исследованные диссертантом АФУ, а также от ООО «Научно-производственное предприятие «ТРИМ СШП измерительные системы», который приложен к работе, хотя упоминание о нем и в диссертации, и в автореферате отсутствует. Полученные результаты также внедрены в учебный процесс двух крупных государственных вузов г. Томска.

Недостатки диссертации являются, как это часто бывает, продолжением ее достоинств. Автор намного лучше разбирается в практике тех или иных конкретных измерений, чем в общей идеологии их проведения. Можно сделать следующие частные замечания:

- современный измерительный инструментарий требует соответствующих средств анализа полученных данных – однако их новизну и вообще эффективность трудно оценить, поскольку системной оценки метрологической точности (методической, инструментальной и других видов погрешности измерений) материалы диссертации не содержат;
- отдельные указания в тексте и ссылки на расхождения данных порядка 0,002 ... 0,08 град. и 0,011 ... 0,2 дБ представляются абстрактными детерминированными оценками, реальность которых невелика – поскольку понять, как они были получены, и, что самое главное: ни доказать, ни проверить их в условиях эксплуатации АФУ, на мой взгляд, практически невозможно;
- аналогичным образом в работе отсутствует рассмотрение вопросов статистической обработки результатов моделирования с указанием факторов, влияющих на их адекватность, точность и достоверность;
- выбор упрощенных формул для расчета конструктивных параметров АФУ не обоснован и не мотивирован, области их применения не указаны;
- не рассмотрены важные ограничения, обусловленные способом расположения АФУ на поверхности КА и спецификой их эксплуатации на орбите, включая способ развертывания, точность ориентации на зоны обслуживания и т.п.;
- по информативности вторая и четвертая главы заметно уступают даже первому, не говоря уже о третьем разделе диссертации – этот дисбаланс подтверждает допущенные автором просчеты при оформлении диссертации;

– выводы по отдельным разделам (главам) диссертации хотелось бы видеть более четкими и конкретными с тем, чтобы в совокупности они формировали заключение диссертационной работы, ценность которого в представленном виде равна нулю, что автору полезно учесть на будущее.

Несмотря на указанные недостатки, которые не касаются существа диссертационного исследования, считаю, что выполненная Александром Васильевичем Мухиным научно-исследовательская квалификационная работа отвечает всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Официальный оппонент, заведующий Кафедрой экономических и информационных систем Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, доктор технических наук, профессор Заслуженный работник связи Российской Федерации



О.Н. Маслов

Личную подпись Маслова О.Н.

ЗАВЕРЯЮ

Секретарь Ученого Совета ПГУТИ

к.э.н., доцент



ВИТЕВСКАЯ О.В.

« _____ » ноября 2016 г.

Сведения о лице, представившем отзыв:

Маслов Олег Николаевич, заведующий кафедрой «Экономические и информационные системы» Федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

Почтовый адрес: ул. Л. Толстого, 23, г. Самара, 443010.

Телефон 8-846-333-58-56, www.psuti.ru, E-mail: info@psati.ru

Доктор технических наук по специальности 05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.