

ОТЗЫВ

официального оппонента **Разинкина Владимира Павловича**
на диссертационную работу **Крылова Юрия Валерьевича** по теме
«Широкополосные частотно-поляризационные селективные устройства антенн
космических аппаратов», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ
устройства и их технологии

Актуальность темы диссертационной работы.

К современным облучающим системам зеркальных антенн и к глобальным рупорным антеннам космических аппаратов (КА) предъявляются жесткие требования к их широкополосности, необходимости совмещения каналов приема и передачи в одной антенне и обеспечению работы с сигналами различных поляризаций. При этом для антенн летательных и космических аппаратов также принципиально важны массогабаритные показатели. Функции частотной и поляризационной селекции сигналов в антенне выполняет входящий в ее состав частотно-поляризационный селектор, являющийся высокотехнологичным и прецизионным устройством. Поэтому тема диссертационной работы Крылова Ю.В., посвященная исследованию и разработке отечественного селектора, несомненно, актуальна и полезна в теоретическом и практическом отношении. Данная разработка имеет большую и долгосрочную перспективу в связи с бурным развитием глобальных спутниковых телекоммуникационных и навигационных систем и технологий.

Соответствие диссертации представленной специальности

Объектом исследования диссертации Крылова Ю.В. являются широкополосные устройства частотно-поляризационной селекции антенн КА. Автором были проведены исследования частотно-поляризационных селекторов на основе численных методов электродинамического моделирования в САПР и использования способов уменьшения габаритов данных устройств. Таким образом, представленная работа соответствует паспорту специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии», пункты 3 и 9.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из Введения, четырёх глав, Выводов и Заключения, библиографического списка и Приложения. Работа изложена на 151 страницах машинописного текста, включая 97 рисунков и 3 таблицы.

По материалам диссертации получены 2 патента на изобретения и опубликовано 15 научных работ, включая 5 статей в рекомендованных ВАК РФ периодических изданиях, 10 статей в трудах российских и международных конференций.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследования, отмечены теоретическая и практическая значимость работы, приведены сведения о внедрении результатов, показана научная новизна; описаны методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту; приведены сведения об апробации работы, структуре диссертации.

В **первой главе** приведен обзор существующих устройств частотно-поляризационной селекции сигналов. Рассмотрены различные конструкции известных узкополосных селекторов. Представлены основные способы реализации широкополосного частотно-поляризационного селектора, используемого для организации дуплексного режима работы с сигналами различных поляризаций. Показано, что в этом случае нет необходимости использовать дополнительные облучатели под конкретный диапазон частот. В заключение главы сформулированы преимущества и недостатки известных вариантов построения селектора, намечены пути улучшения их параметров.

Вторая глава посвящена подробному обоснованию и разработке методики поэтапного проектирования как составных частей, так и частотно-поляризационного селектора в целом, выполненного по «восстанавливающей схеме» и предназначенного для обеспечения дуплексного режима работы антенны КА.

В **третьей главе** автор диссертации приводит результаты исследования частотно-поляризационного селектора, выполненного по «восстанавливающей

схеме». Селектор предназначен для использования в облучателе двухзеркальной антенны для приема и передачи сигналов с круговыми поляризациями в К/Q-диапазонах. Большое внимание в третьей главе уделено обоснованию конструкции широкополосного волноводного трансформатора, входящего в состав селектора, выполненного в соответствии с разработанным способом подавления высших типов волн в круглом волноводе. В третьей главе также приведены результаты экспериментального исследования частотных и поляризационных свойств опытного образца разработанного селектора К/Q-диапазонов. Полученные параметры обеспечивают развязку между каналами порядка 30 дБ, что соответствует современному уровню для устройств данного класса

В **четвертой главе** предложены и исследованы эффективные способы уменьшения габаритных размеров поперечного сечения частотно-поляризационного селектора, реализованного по «восстанавливающей схеме», с использованием оптимального многоступенчатого трансформатора волнового сопротивления и волноводного ФНЧ с изгибом центральной части. Показано, что внесение конструктивно необходимых изгибов в ФНЧ сохраняет требуемый уровень селективности ФНЧ, и, соответственно качество работы селектора в целом.

В **заключении** изложены основные результаты, полученные в ходе выполнения научного исследования.

Научная новизна полученных автором результатов, выводов и рекомендаций

Новизна полученных автором результатов заключается в следующем:

- Разработана поэтапная методика проектирования частотно-поляризационного селектора, основанная на формировании физически обоснованной первоначальной структуры и применения численного электродинамического моделирования в компьютерной САПР, что позволило реализовать дуплексный режим работы с сигналами круговой поляризации;

- Разработана оригинальная конструкция и исследован опытный экземпляр частотно-поляризационного селектора по «восстанавливающей схеме», в котором обеспечивается разделение К- и Q- диапазонов частот с развязкой каналов и уровнем подавления высших типов волн более 30 дБ;

- Предложено два способа уменьшения поперечных габаритов частотно-поляризационного селектора, позволяющие уменьшить поперечные габариты селектора более чем в 2 раза при сохранении уровня прямых потерь и развязки между каналами.

Значимость результатов работы для теории и практики

Теоретическая значимость определяется новыми научно-техническими результатами, полученными при обосновании первоначальной структуры и электродинамическом моделировании частотно-поляризационного селектора. В целом диссертационная работа имеет инновационную направленность, так как объектами исследования являются разработанные и внедренные в производство селекторы, представляющие собой наукоемкие высокотехнологичные СВЧ системы повышенной сложности.

Основные результаты диссертации были получены при выполнении и научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в АО «ИСС» им. М.Ф. Решетнёва. Подтверждением являются акты о внедрении и полученные патенты на изобретения.

Достоверность результатов работы

Результаты представленной на рецензию диссертационной работы подтверждаются физически обоснованным формированием первоначальной структуры и корректным применением численных методов и САПР для расчета частотно-поляризационных устройств. В работе имеется достаточно хорошее совпадение результатов моделирования с экспериментальными данными, а также соответствием полученных при исследовании результатов с результатами, опубликованными в отечественной и зарубежной литературе.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке ортомодовых селекторов, поляризующих и сложных частотно-селективных устройств, в том числе для организации дуплексного режима работы в антеннах спутниковых радиоканалах телекоммуникационных систем. Разработанные и исследованные в работе поляризацияционные устройства могут быть использованы в составе облучателей зеркальных или рупорных антеннах КА, разрабатываемых не только в АО «ИСС», но и на других предприятиях данной отрасли.

Замечания по работе

К диссертационной работе имеются следующие замечания:

1) не приведено сравнение частотных характеристик разработанного селектора с аналогичными устройствами зарубежного производства.

2) в разделе 2.2 при определении типов волн, распространение которых возможно в волноводе круглого сечения, использовано два критерия, основанных на расчете критической длины волны и постоянной распространения. Представляется логичным выбрать какой-то один критерий, наиболее удобный для проводимых расчетов;

3) графики развязок между высшими типами волн и волной основного типа, изображенные на рисунках 3.6 и 3.11 сложны для восприятия. Достаточно указать значения данных развязок по тексту диссертации;

4) На рис. 4.9 (стр. 121) имеются резкие всплески КСВН, как у высокоизбирательных режекторных фильтров. Однако в диссертации физического объяснения этого эффекта не приводится;

5) в качестве основного параметра для визуализации результатов рассчитанных и измеренных частотных характеристик рассматриваемых устройств в большинстве случаев в диссертации используется КСВН, хотя для анализа полученных в диссертации результатов представляется более правильным и удобным использование характеристик обратных потерь.

Заключение

В целом диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения» о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842 (ред. От 28.08.2017, №1024), так как является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, содержащей решение актуальной задачи разработки компактных частотно-поляризационных селективных устройств облучателей зеркальных антенн и рупорных антенн КА, а ее автор Крылов Юрий Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.


Официальный оппонент,

д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО

«Новосибирский государственный технический университет»,

профессор кафедры теоретических основ радиотехники.

Разинкин Владимир Павлович

 Разинкин В.П.

«28» февраля 2019 г.

630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20,

Тел.: 8(383)346-08-34, e-mail: razinkin_vp@mail.ru

Подпись Разинкина В.П. заверяю:

Ученый секретарь Совета НГТУ



Шумский Г.М.