

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора Федерального государственного унитарного предприятия «Ростовский-на-Дону научно исследовательский институт радиосвязи» Федерального научно-производственного центра,



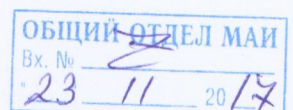
В.П. Комор
» ноября 2017 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ВАЖЕНИНА Николая Афанасьевича «Повышение помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям: 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»; 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации

Электрические ракетные двигатели (ЭРД) являются одним из важнейших элементов при создании и эксплуатации космических комплексов, решающих задачи изучения космического пространства, и определяют научно-технический задел при создании перспективных космических комплексов. Однако при реализации проектов с использованием ЭРД необходимо учитывать, что они являются источниками электромагнитного излучения в радиодиапазоне, которое имеет шумоподобный характер и недостаточно изученную спектрально-временную структуру и оказывает электродинамическое воздействие на бортовые радиосистемы космических аппаратов (КА). При определенных условиях это воздействие может существенно повлиять на энергетический потенциал и характеристики помехоустойчивости радиолиний, в особенности при проектировании систем радиосвязи с КА дальнего космоса.



В связи с этим актуальным является решение научно-технической проблемы повышения помехоустойчивости радиосистем космической связи, функционирующих в условиях воздействия радиоизлучения, возникающего при работе ЭРД, в частности таких отработанных и широко распространенных на практике, как стационарные плазменные двигатели (СПД), на основе результатов экспериментального определения характеристик их излучения в наземных условиях.

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается:

- корректным использованием методов статистической теории радиотехники, теории вероятностей и математической статистики;

- строгим использованием математического аппарата для всех полученных научных результатов, соответствием в определенных случаях полученных результатов результатам других авторов, опубликованным в отечественной и зарубежной литературе;

- выполненной масштабной экспериментальной проверкой предложенных математических моделей, а также установленным совпадением в частных случаях результатов имитационного моделирования на ЭВМ с известными аналитическими решениями;

- использованием при проведении экспериментальных исследований измерительных средств и оборудования, прошедших своевременную поверку и метрологическую аттестацию.

В рамках работы над диссертацией автором получены следующие **новые научные результаты:**

- разработаны и апробированы принципы построения экспериментального стенда для исследования собственного радиоизлучения ЭРД в наземных условиях;

- разработан комплекс методов, математических моделей, аппаратно-программных и программно-алгоритмических средств, а также технических решений для экспериментального исследования характеристик

радиоизлучения СПД в наземных условиях и анализа влияния этого излучения на помехоустойчивость радиосистем космической связи с КА, оснащенными ЭРД, позволяющий впервые получить количественные оценки помехоустойчивости в этих условиях и разработать методы ее повышения;

- экспериментально установлено, что радиоизлучение СПД, кроме тепловой компоненты, может иметь выраженную импульсную компоненту, представляющую собой случайную последовательность широкополосных радиоимпульсов;

- экспериментально определена спектрально-временная структура и параметры излучения СПД в радиодиапазоне, на основе проведенных экспериментальных исследований и их статистической обработки сформирована информационная база данных спектрально-временных характеристик радиоизлучения для различных типов СПД и их интегральных параметров;

- разработана и апробирована методика обработки результатов экспериментальных измерений для определения характеристик структурных составляющих излучения СПД в радиодиапазоне, включающих тепловую и нетепловую компоненты излучения, и их количественных параметров;

- исследовано влияние на характеристики излучения СПД его функциональных и конструктивных элементов;

- установлено, что электродинамические процессы в катоде-компенсаторе на основе полого катода являются одной из причин возникновения нетеплового излучения СПД в радиодиапазоне;

- разработаны и апробированы обобщенные математические модели излучения СПД в радиодиапазоне: на основе модифицированной модели Фурутсу-Ишида и на основе моделей Холла и сптробированного гауссовского шума. Для их реализации разработаны методы и алгоритмы имитационного моделирования радиоизлучения СПД, позволяющие создавать программные и аппаратные имитаторы радиоизлучения СПД, которые могут быть использованы как для исследования

помехоустойчивости радиосистем космической связи, так и при проведении наземных испытаний бортового оборудования КА;

– проведено и апробировано обобщение модели Миддлтона класса А при совместном воздействии белого гауссовского шума и случайных импульсных помех для асимптотического случая импульсной помехи с длительностью импульса много меньше длительности канального символа для анализа помехоустойчивости радиосистем космической связи (РСКС) в условиях воздействия радиоизлучения СПД;

– впервые для типовых методов фазовой и амплитудно-фазовой модуляции ФМн-2, ФМн-4, ФМн-8, ФМн-16, КАМ-16, КАМ-64, используемых РСКС, получены количественные оценки зависимости вероятности битовой ошибки и энергетического проигрыша радиосистем космической связи от отношения сигнал-шум, отношения сигнал-импульсная помеха и временных параметров импульсного излучения используемых и перспективных моделей СПД.

– разработаны новые методы и алгоритмы их реализации для борьбы с влиянием импульсной составляющей излучения СПД, основанные на адаптивном выделении и квадратурной компенсации таких помех. По сравнению с типовым алгоритмом ШОУ («широкая полоса – ограничитель – узкая полоса»), предложенные методы обеспечивают энергетический выигрыш от 1.5 до 5 дБ;

– для оптимизации работы квадратурного компенсатора импульсных помех разработаны новые алгоритмы оценки текущего отношения сигнал-шум в условиях воздействия импульсных помех, которые являются работоспособными в широком диапазоне отношений сигнал-шум и сигнал-импульсная помех, а при отношении сигнал-шум более 5 дБ обеспечивают точность оценки не хуже 10...20%.

Теоретическая значимость полученных результатов:

- разработка и апробация комплекса методов, математических моделей, аппаратно-программных, программно-алгоритмических средств и технических решений, позволяющих с использованием экспериментального

стенда НИИ ПМЭ ИАИ, позволяющие в отличие от известных, проводить исследования и измерения характеристик радиоизлучения ЭРД в наземных условиях и получать оценки помехоустойчивости радиосистем космической связи и разрабатывать меры по ее повышению;

- впервые полученные результаты исследований спектрально-временных характеристик радиоизлучения моделей ЭРД;

- впервые исследованная структура излучения СПД во временной области, включающая тепловой шум и импульсные составляющие, в которой обе компоненты существенно зависят от режима работы СПД, а также статистические характеристики радиоизлучения СПД;

- новые методы, алгоритмы, а также разработанные на их основе пути технической реализации для борьбы с импульсными помехами, возникающими при излучении ЭРД, позволяющие, в отличие от известных, уменьшить вероятность битовой ошибки в 3,3...4,5 раза и повысить энергетический выигрыш на 1,5...5 дБ;

- новые методы и алгоритмы оценки текущего отношения сигнал/шум, позволяющие оптимизировать работу квадратурного компенсатора импульсных помех СПД.

Практическая значимость полученных результатов состоит, прежде всего, в том, что:

- разработан и апробирован уникальный многофункциональный экспериментальный стенд НИИ ПМЭ МАИ для исследования собственного радиоизлучения ЭРД в наземных условиях;

- получены результаты экспериментальных исследований влияния длительности временной наработки на спектральные и временные характеристики излучения СПД;

- исследовано взаимное влияние плазменных струй при одновременной работе нескольких СПД на изменение суммарной интенсивности излучения;

- разработан имитатор радиоизлучения СПД, алгоритм работы которого базируется на полученных в работе математических и

имитационных моделях радиоизлучения СПД, позволяющий обеспечить проведение как комплексных наземных испытаний КА, так и исследовать влияние излучения на помехоустойчивость конкретных систем радиосвязи;

- впервые получены количественные оценки помехоустойчивости радиосистем космической связи в условиях воздействия радиоизлучения СПД, позволяющие принимать обоснованные технические решения при проектировании и выборе параметров радиосистем космической связи, а также параметров модуляции сигналов;

- реализованы аппаратно-программные и программно-алгоритмические комплексы, созданные на основе разработанных методов, математических моделей и алгоритмов, которые могут быть использованы при проектировании радиосистем космической связи и передачи данных функционирующих в условиях воздействия радиоизлучения ЭРД.

Замечания и рекомендации

1. В автореферате в явном виде не сформулирована научная проблема, решение которой рассматривается в данной диссертации.

2. В автореферате в явном виде не сформулирован показатель эффективности функционирования РСКС при воздействии радиоизлучения СПД. Таким показателем может являться вероятность битовой ошибки, скорость передачи информации и ряд аналогичных показателей. Это не позволяет, по крайней мере, в автореферате указать какой из показателей необходимо использовать для анализа помехоустойчивости РСКС.

3. В положениях, выдвигаемых для защиты, отмечается, что «при одновременной работе нескольких СПД увеличение суммарной интенсивности радиоизлучения происходит не пропорционально числу работающих двигателей, что связано с взаимным экранированием излучения плазменными струями и ослаблением сигналов в плазменной среде». Однако в п. 4 раздела «Теоретическая и практическая значимость» указывается, что одна из компонент временной структуры излучения СПД имеет выраженный импульсный характер. Из материалов автореферата не понятно, как влияют

параметры импульсов на характер ослабления радиоизлучения при одновременной работе нескольких СПД.

4. Приведенные на рисунке 16 (с. 22 автореферата) зависимости энергетического проигрыша имеют немонотонный характер. Однако анализ такого поведения зависимостей в материалах автореферата отсутствует.

Вывод.

1. Несмотря на указанные замечания, судя по автореферату, диссертация выполнена на требуемом научном уровне и соответствует специальностям 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»; 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов». Замечания, хотя и снижают в целом высокий уровень представленных материалов, не носят принципиальный характер и могут быть учтены автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

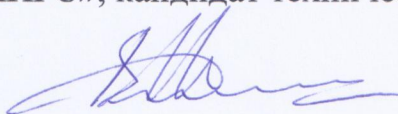
2. Диссертация «Повышение помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной проблемы, имеющей существенное значение для области радиотехники, а также теории и практики построения ЭРД. Основные положения и результаты достаточно полно опубликованы в 24 научных работах, в том числе в 22 статьях в рецензируемых изданиях, а также в материалах тридцати докладов, сделанных на международных и всероссийских конференциях. По материалам исследований получено 8 патентов и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Высокий уровень диссертации, судя по автореферату, определяется взаимодополняющей совокупностью исследований на трех уровнях «Способ (устройство) – научное обоснование – инструмент для численного моделирования» определяют высокий уровень научной и практической значимости работы.

3. Диссертация « Повышение помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей» удовлетворяет требованиям пункта 9 (п.п.2) «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

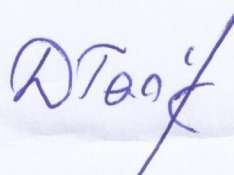
4. ВАЖЕНИН Николай Афанасьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Начальник НТК ФГУП «РНИИРС», кандидат технических наук



В.И. Демченко

Заместитель начальника НТК ФГУП «РНИИРС» по науке, доктор технических наук, профессор



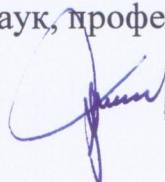
Д.Д. Габриэльян

Начальник отдела НТК ФГУП «РНИИРС», кандидат технических наук



А.Л. Шлаферов

Начальник управления подготовки кадров высшей квалификации ФГУП «РНИИРС», доктор технических наук, профессор



В.В. Хуторцев

РФ, 344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, д. 130, тел. (863)2000555,
E-mail: rniirs@rniirs.ru

29.11.2017 