

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
ВАЖЕНИНА НИКОЛАЯ АФАНАСЬЕВИЧА**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19.12.2016, протокол № 13

О присуждении Важенину Николаю Афанасьевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора технических наук.

Диссертация «Повышение помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей» по специальностям 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» (технические науки) принята к защите 14 сентября 2017 г., протокол №9, диссертационным советом Д 212.125.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ (НИУ)), 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Важенин Николай Афанасьевич 1951 года рождения в 1974 году окончил Московский ордена В.И.Ленина авиационный институт имени С.Орджоникидзе («МАИ»). После окончания в 1979 г. аспирантуры Московского ордена В.И.Ленина авиационного института имени С.Орджоникидзе («МАИ») в 1980 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В настоящее время соискатель работает доцентом на кафедре

«Инфокоммуникации» ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В период подготовки диссертации соискатель обучался в целевой докторантуре ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по кафедре «Инфокоммуникации»

Диссертация выполнена на кафедре «Инфокоммуникации» и в НИИ прикладной механики и электродинамики ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, доцент **Плохих Андрей Павлович**, ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Научно-исследовательский институт прикладной механики и электродинамики, заместитель директора.

Официальные оппоненты:

1. **Шахтарин Борис Ильич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Гос. Премии, почетный работник ВПО РФ, профессор кафедры «Автономные информационные и управляющие системы» ФГБОУВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана);

2. **Надеев Адель Фирадович**, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций, директор;

3. **Семёнкин Александр Вениаминович**, доктор технических наук, ГНЦ РФ ФГУП «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», заместитель генерального директора;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - **Акционерное общество «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (АО**

«РКС»), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном директором проектов-заместителем генерального конструктора д.т.н., профессором Ступаком Г.Г.; начальником отделения создания специальных наземных комплексов д.т.н., профессором Ватутиным В.М.; заместителем начальника отделения создания специальных наземных комплексов к.т.н. Полтавцом Ю.И. и ученым секретарем к.т.н., с.н.с. Федотовым С.А., обсужденном и одобренном на заседании отделения создания специализированных наземных комплексов, протокол №07/10-2017 от 31 октября 2017 г. и утверждённом заместителем генерального директора по науке, д.т.н., проф. Романовым А.А., указала, что в диссертации

1. Недостаточно подробно описана внутренняя модуляционная структура радиоимпульсов, излучаемых СПД, и её параметры, полученные на основе обработки результатов экспериментальных измерений.

2. Вопросы аппаратно-программной реализации имитатора радиоизлучения СПД рассмотрены излишне конспективно и в основном с точки зрения программно-алгоритмической реализации.

3. При получении оценок достоверности передачи информации, анализе помехоустойчивости и формировании оценок текущего отношения сигнал-шум не учитывалось влияние фазовых шумов, которое может быть существенным при использовании многопозиционных методов модуляции.

В заключении сделан вывод, что в целом, несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа «Повышение помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена важная научно-техническая проблема повышения качества и эффективности функционирования радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей КА, и по своей актуальности, объему проведенных исследований, научной новизне и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор достоин

присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 66 опубликованных работ по теме диссертации, из них – 1 монография, 1 учебное пособие с грифом Минобрнауки, 24 статьи, в том числе 22 - в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК Минобрнауки России, из них 8 - в изданиях, входящих в системы Scopus и Web of Science, представил 30 докладов на международных и всероссийских конференциях, 9 работ опубликовано без соавторов, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 2 патента РФ на полезную модель, 2 патента РФ, 3 патента США и 1 патент ЕС на изобретение.

Основные публикации соискателя по теме диссертации:

Монографии

1. Важенин Н.А., Обухов В.А., Плохих А.П., Попов Г.А. Электрические ракетные двигатели космических аппаратов и их влияние на радиосистемы космической связи. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 432 с.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

2. Плохих А.П., Важенин Н.А., Соганова Г.В. Методы исследования влияния собственного электромагнитного излучения электрических ракетных двигателей на характеристики чувствительности бортовых радиотехнических систем КА // "Технологии электромагнитной совместимости". — 2002. — Т. 3. — С. 22-36.

3. Плохих А.П., Важенин Н.А. Анализ влияния электромагнитных помех электрических ракетных двигателей на характеристики чувствительности бортовых радиотехнических систем космических аппаратов в диапазоне сверхвысоких частот // Вестник Московского авиационного института. — М.: Издательство МАИ, 2004. — Т. 11, №1. — С. 81-93.

4. Вейцель В.А., Важенин Н.А., Волковский А.С., Жодзишский М.И., Мазепа Р.Б., Михайлов В.Ю., Юданов С.Б. Актуальные вопросы построения и выбора

параметров современных систем позиционирования, передачи и обработки информации // «Радиотехника». — 2006. — Т. 8. — С. 25-33.

5. Плохих А.П., Важенин Н.А., Волковский А.С. Анализ влияния собственного излучения ЭРД на характеристики командной радиопередачи системы дальней космической связи // Вестник Московского авиационного института. — Издательство МАИ, 2007. — Т. 14, №1. — С. 55-70.

6. Плохих А.П., Ким В.П., Важенин Н.А., Сидоренко Е.К. Исследование влияния режимов работы стационарных плазменных двигателей на их помехоэмиссию // "Технологии электромагнитной совместимости". — 2009. — Т. 2, (29). — С. 31-45.

7. Волковский А.С., Важенин Н.А. Помехоустойчивость систем цифровой передачи информации при совместном воздействии шумовых и импульсных помех // Вестник Московского авиационного института. — М.: Издательство МАИ, 2010. — Т. 17, №6. — С. 109-119.

8. Важенин Н.А. Эмпирические модели законов распределения импульсных помех от стационарных плазменных двигателей // Электронный журнал "Труды МАИ". — М.: МАИ, 2012. — №59 — с. 1-15. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?eng=Y&ID=35248>.

9. Плохих А. П., Важенин Н. А. Принципы построения наземных испытательных комплексов для исследования помехоэмиссии электроракетных двигателей // Электронный журнал "Труды МАИ". — М., 2012. — №60. — С. 1-22. — URL: <http://www.mai.ru/upload/iblock/c0f/printsipy-postroeniya-nazemnykh-ispitatelnykh-kompleksov-dlya-issledovaniya-pomekhoemissii-elektroraketnykh-dvigatelay.pdf>.

10. Важенин Н.А. Феноменологические модели импульсных помех от стационарных плазменных двигателей // Электронный журнал "Труды МАИ". — М.: МАИ, 2013. — №66. — С. 1-26. — URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=40277>.

11. Важенин Н.А. Имитационное моделирование электромагнитного излучения стационарных плазменных двигателей // Электронный журнал "Труды МАИ". — М.: МАИ, 2013. — №69. — С. 1-18. — URL:

<http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=43218>.

12. Важенин Н.А. Влияние электромагнитного излучения стационарных плазменных двигателей на шумовые характеристики радиолиний космической связи // Электронный журнал "Труды МАИ". — М.: МАИ, 2013. — №69. — С. 1-23. — URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=43329>.

13. Важенин Н.А. Анализ совместного воздействия аддитивного белого гауссовского шума и случайных импульсных помех на помехоустойчивость информационного канала и каналов синхронизации радиолинии космической связи // Вестник Московского авиационного института. — М.: Издательство МАИ, 2013. — Т. 20, №5. — С. 111-123.

14. Важенин Н.А. Анализ помехоустойчивости квадратурного компенсатора импульсных помех // Вестник Московского авиационного института. — М.: Издательство МАИ, 2014. — Т. 21, №1. — С. 116-123.

15. Важенин Н.А. Характеристики систем символьной синхронизации в условиях совместного воздействия случайных импульсных помех и АБГШ // Вестник Московского авиационного института. — М.: Издательство МАИ, 2014. — Т. 21, №2. — С. 83-97.

16. Важенин Н.А. Плохих А.П. Имитационное моделирование электромагнитного излучения стационарных плазменных двигателей // Известия Академии наук. Энергетика. — М., 2014. — №6. — С. 118-131.

17. Важенин Н.А. Влияние собственного электромагнитного излучения ЭРД на помехоустойчивость радиосистем космической связи // Успехи современной радиоэлектроники. — М.: Радиотехника, 2015. — №1. — С. 20-23.

18. Серкин Ф.Б., Важенин Н.А., Вейцель В.В. Сравнительный анализ алгоритмов оценки отношения сигнал-шум на основе квадратурных компонент принимаемого сигнала // Журнал "Труды МАИ". — М.: МАИ, 2015. — Вып. 83. — С. 1-24. — URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=62221>.

19. Плохих А.П., Важенин Н.А., Ким В.П., Баранов С.В. Исследование характеристик излучения полого катода стационарного плазменного двигателя в радиодиапазоне // Известия Российской академии наук. Энергетика. — М., 2016. — №2. — с. 80-91.

20. Важенин Н.А., Волковский А.С., Казачков В.О., Нестеров А.В., Серкин Ф.Б. Анализ энергетических характеристик перспективной системы спутникового ШПД для аэромобильных абонентов // Электросвязь. — М., 2017. — №3. - с. 51-53.

21. Баранов С.В., Важенин Н.А., Плохих П.П., Попов Г.А. Определение помехоэмиссии электрических ракетных двигателей в наземных условиях // Известия Российской академии наук. Энергетика. — М., 2017. — № 3. — с. 50-61.

22. Важенин Н.А., Плохих П.П., Фоменков А.И. Верификация моделей и программных комплексов для имитационного моделирования электромагнитного излучения стационарных плазменных двигателей // Известия Российской академии наук. Энергетика. — М., 2017. — № 3. — с. 62-73.

23. Важенин Н.А., Плохих П.П., Фоменков А.И. Воздействие электромагнитного излучения стационарных плазменных двигателей на канал связи "Земля-космический аппарат" // Известия Российской академии наук. Энергетика. — М., 2017. — № 3. — с. 74-85.

Публикации в других изданиях и сборниках трудов

24. Важенин Н.А., Волковский А.С., Плохих А.П. Принципы анализа помехоустойчивости радиолиний дальней космической связи с космическими аппаратами, оснащенных маршевыми электроракетными двигателями // «Космонавтика и ракетостроение». — М.: ЦНИИМАШ, 2008. — Т. 3, (52). — С. 43-50.

25. Arbatskiy V.M., Baranov S.V., Vazhenin N.A., Plokhikh A.P., Popov G.A. Peculiarities of determination of electromagnetic interference emission from electric propulsion thrusters under ground conditions // Electric Propulsions and Their Application, Procedia Engineering. — ELSEVIER, 2017. — Vol. 185. — P. 97-104. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817314522>.

Патенты на изобретения и полезные модели

26. Важенин Н.А., Плохих А.П., Попов Г.А., Козлов В.И., Арбатский В.М. Испытательный стенд: Патент РФ на полезную модель RU 107769 U1, Приоритет от 19.04.2011. Зарегистрирован 27.08.2011.

27. Важенин Н.А., Волковский А.С., Келин Т.Г. Квадратурный компенсатор

импульсных помех: Патент РФ на изобретение RU 2491570 от 07.02.2013. Приоритет от 14.12.2011.

28. Арбатский В.М., Важенин Н.А., Козлов В.И., Плохих А.П., Попов Г.А. Испытательный стенд: Патент РФ на полезную модель RU 124664 U1 от 10.02.2013, Приоритет от 24.09.2012.

29. Vashenin N.A., Volkovskiy A.S., Kelin T.G. Quadrature Impulse Noise Remover: US Patent No. 9,191,048 B2, Date of Patent 2015.11.17. Prior Publication Data 2012.12.13.

30. Vazhenin N.A., Veitsel A.V., Serkin F.B., Veitsel V.V. Method and Apparatus for Estimating the Current Signal-to-Noise Ratio: US Patent No. 9,425,908 B1, Date of Patent 2016.08.23. Prior Publication Data 2015.03.25.

31. Важенин Н.А., Вейцель А.В., Вейцель В.В., Серкин Ф.Б. Способ и устройство для оценки текущего отношения сигнал-шум. Патент РФ №2598693 от 27.09.2016, Приоритет от 25.03.2015.

32. Vazhenin N.A., Veitsel A.V., Serkin F.B., Veitsel V.V. Method and Apparatus for Estimating the Current Signal-to-Noise Ratio. US Patent No. 9,621,288 B2, Date of Patent 2017.04.11. Prior Publication Data 2016.12.15.

33. Vashenin N.A., Volkovskiy A.S., Kelin T.G. Quadrature Impulse Noise Remover. EU Patent No. 2,792,077 B2, Date of Patent 05.07.2017. Date of filing 13.12.2012.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

34. Важенин Н.А., Плохих А.П. Программа для моделирования собственного излучения стационарных плазменных двигателей // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015616679. — М., 18 06 2015 г.

35. Важенин Н.А., Плохих А.П. Программа для автоматизации экспериментальных измерений спектральных характеристик излучения стационарных плазменных двигателей в радиодиапазоне в наземных условиях // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016662712 от 21 ноября 2016 г.

На диссертацию и автореферат прислали отзывы:

- Официальный оппонент **Шахтарин Борис Ильич** – отзыв заверен руководителем НУКСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана Калугиным В.Т.

Замечания по диссертационной работе:

1. Выявленный в диссертационной работе эффект формирования широкополосных радиоимпульсов излучения СПД требует более детального изучения и накопления статистических данных для различных типов СПД и режимов их работы.

2. В диссертации в ряде мест термины «алгоритм», «модель», «имитационная модель» употребляются не в «гостированном» смысле, например, на стр. 205-213 «модель» — это закон распределения, тоже в п. 4.3: «модель» - формула.

3. Соотношения (8.19) - (8.22) названы алгоритмами, хотя представляют собой расчетные формулы, а сами алгоритмы описаны только в соответствующих патентах.

4. В тексте диссертации имеется ряд погрешностей в оформлении и опечаток, так, например, формулы (8.23) и (8.24) пронумерованы как (2.36) и (2.37).

5. Использование в Главе 8 показателя выигрыша, даваемого ККИП по отношению к КОИП, в виде отношения вероятностей битовых ошибок имеет ограничения, так как это соотношение существенно зависит от величины битовой ошибки и отношения сигнал-шум.

6. Имеется избыток общеизвестных формул, например, (4.6) и др. в Главе 4, не использованных в дальнейшем изложении.

В заключении делается вывод, что диссертационная работа Важенина Николая Афанасьевича «Повышение помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена важная научно-техническая проблема повышения помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей КА, и по научной новизне и практической ценности соответствует требованиям п. 9 «Положения о

присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

- Официальный оппонент **Надеев Адель Фирадович** - отзыв заверен учёным секретарём Жестовской Ф.А.

Замечания по диссертационной работе:

1. Недостаточно четко сформулированы рекомендации по целесообразным областям использования модифицированных моделей Фурутсу-Ишида и Холла в инженерной практике при моделировании радиоизлучения СПД.

2. Не проведен сравнительный анализ вычислительной сложности реализации предложенных алгоритмов оценки текущего отношения сигнал-шум и ККИП.

3. В диссертации для снижения влияния радиоизлучения СПД предлагается использование методов квадратурной компенсации импульсных помех, однако отсутствует сравнительный анализ с другими методами и алгоритмами обработки сигналов в условиях действия негауссовских импульсных помех.

4. Основные результаты экспериментальных измерений характеристик радиоизлучения СПД изложены в излишне сжатой форме, затрудняющей их использование при решении практических задач проектирования.

5. Раздел 1.3 «Принципы построения и основные характеристики радиосистем космической связи ближнего и дальнего космоса» без ущерба для основного содержания мог быть вынесен в приложение.

В заключении делается вывод, что диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой поставлена и решена важная научно-техническая проблема повышения помехоустойчивости радиосистем космической связи, функционирующих в условиях воздействия

радиоизлучения стационарных плазменных двигателей КА, и по своему содержанию, научной новизне и практической ценности полученных результатов соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

- Официальный оппонент **Семёнкин Александр Вениаминович** – отзыв заверен Ученым секретарем ГНЦ «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша Смирновым Ю.Л.

Замечания по диссертационной работе:

1. При описании методологии проведения испытаний ЭРД и измерении радиоизлучения в диссертации недостаточно полно приведены данные о влиянии стендовых систем и кабельной сети на результаты измерений.

2. Результаты исследований радиоизлучения ЭРД, полученные автором, имеют комплексный характер, однако в диссертационной работе они проанализированы, главным образом, с точки зрения влияния на радиосистемы космической связи, и не приведены данные по оценке электромагнитной совместимости с другими системами КА.

В целом, несмотря на отмеченные замечания, диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена важная научно-техническая проблема повышения помехоустойчивости радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей КА, и по своему содержанию, научной новизне и практической ценности полученных результатов соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что официальные оппоненты имеют публикации и значительный опыт работы по тематике диссертации, обладают компетентностью в области науки по специальностям 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», а ведущая организация непосредственно занимается разработкой систем радиосвязи с космическими аппаратами (КА), в том числе и КА дальнего Космоса.

На автореферат диссертации поступило 15 отзывов из организаций:

1. **АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф.Решетнёва** – отзыв утвержден генеральным директором, д.т.н., профессором, чл.-корр. РАН Тестоедовым Н.А.
2. **ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия»** – отзыв подписан научным консультантом ПАО «РКК «Энергия», д.т.н., проф. Синявским В.В.
3. **ФГУП «ОКБ «Факел»** – отзыв утвержден и.о. генерального директора Корякиным А.И. на заседании НТС 07.11.2017 протокол №12-11-2017с1.
4. **ФГУП «Космическая связь»** – отзыв утвержден генеральным директором Прохоровым Ю.В.
5. **ПАО «НПО «Алмаз»** – отзыв подписан начальником отдела 113 ОКБ-1, д.т.н. Красновым В.П.
6. **АО «НИИ точных приборов»** – отзыв утвержден зам. генерального директора-главного конструктора по научной работе д.т.н., проф. Костюковым В.Ф.
7. **ПАО «Радиофизика»** – отзыв подписан нач. отдела 1030, д.т.н., профессором Фарбером В.Е.
8. **АО «Радиотехнический институт им. академика А.Л.Минца»** – отзыв подписан ученым секретарем АО «РТИ» д.т.н. Буханцом Д.И.
9. **ФГУП Федеральный научно-производственный центр «Ростовский-на-Дону НИИ радиосвязи»** – отзыв утвержден и.о. директора Комором В.П.
10. **ФГАОУВО «МФТИ»** – отзыв подписан директором Физтех-школы радиотехники и компьютерных технологий, д.т.н., чл.-корр. РАН Дворковичем А.В.

11. **ФГБОУВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»** – отзыв подписан зав. каф. «Радиотехнические приборы и антенные системы», д.т.н., проф. Баскаковым А.И.
12. **ФГБОУВО «Рязанский государственный радиотехнический университет»** – отзыв подписан профессором кафедры «Вычислительная и прикладная математика» РГРТУ, д.т.н. Овечкиным Г.В.
13. **ФГБОУВО «Вятский государственный университет»** – отзыв подписан профессором кафедры «Радиоэлектронные средства», д.т.н. Прозоровым Д.Е.
14. **ФГБОУВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П.Королева»** – отзыв подписан профессором кафедры космического машиностроения д.т.н. Стариновой О.Л.
15. **АО «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»** – отзыв подписан нач. отдела 506 Назаровым Ю.Б., ученым секретарем НТС, к.т.н. Шахановым А.Е., утвержден зам. генерального директора-генерального конструктора, к.т.н. А.Е. Ширшаковым.

Основные замечания на автореферат диссертационной работы:

Все замечания, сделанные в отзывах на автореферат можно условно разделить на три группы:

I. Замечания, касающиеся погрешностей в оформлении, формы представления материала и отсутствия в автореферате некоторых материалов, рассмотренных в диссертационной работе.

II. Группа замечаний, касающаяся вопросов, выходящих за рамки работы и являющихся направлением для дальнейших исследований.

III. Группа замечаний, непосредственно связанная с вопросами, рассмотренными в диссертации, и анализом полученных результатов.

Основными замечаниями из данной группы являются, например, такие как:

1. Основные результаты экспериментальных измерений характеристик радиоизлучения ЭРД и оценки помехоустойчивости РСКС в условиях воздействия этого радиоизлучения получены в основном для диапазонов частот от L (1 ГГц) до Ku (18 ГГц), в то же время сейчас интенсивно осваивается диапазон Ka (до 40 ГГц).

2. Из материалов автореферата не понятно, как математически описывается взаимосвязь результатов экспериментальных измерений, например, для различных высоковольтных режимов работы СПД, с итоговыми оценками энергетического проигрыша РСКС.

3. Не приведены четко сформулированные рекомендации по областям использования моделей Фурутсу-Ишида и Холла в инженерной практике при моделировании радиоизлучения стационарных плазменных двигателей.

4. При получении оценок достоверности передачи информации, анализе помехоустойчивости и формировании оценок текущего отношения сигнал-шум не учитывалось влияние фазовых шумов, которое может быть существенным при использовании многопозиционных методов модуляции.

5. Из материалов автореферата не ясно, как зависит оптимальный порог предложенного квадратурного компенсатора импульсной помехи от ОСИП и позволит ли измерение ОСИП повысить помехоустойчивость прима.

6. 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.

7. Согласно исследованиям Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук (ИРЭ РАН), космический плазменный двигатель является источником электромагнитных шумов в диапазонах частот 300 МГц – 8.5 ГГц. Автор в своем исследовании рассматривает диапазон частот диапазон радиочастот 800 МГц – 12 ГГц, исключая полосу частот, используемую для УКВ радиосредств при организации связи с дальним Космосом при исследовании Луны и Марса.

Следует отметить, что все отзывы, поступившие на диссертацию и автореферат, положительные и содержат заключение о соответствии диссертации требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней ВАК РФ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **решена важная научная проблема**, заключающаяся в разработке эффективных методов повышения помехоустойчивости радиосистем космической связи, функционирующих при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей, а также:

- **разработан** комплекс методов, математических моделей, аппаратно-программных, программно-алгоритмических средств и технических решений, основанный на использовании многофункционального экспериментального стенда НИИ ПМЭ МАИ, позволяющий проводить экспериментальные исследования и измерения характеристик радиоизлучения электрических ракетных двигателей в наземных условиях и на этой основе получать оценки помехоустойчивости радиосистем космической связи и разрабатывать методы ее повышения;
- **экспериментально установлено**, что во временной области излучение стационарных плазменных двигателей (СПД) состоит из двух компонент, одна из которых представляет собой тепловой шум, а вторая имеет выраженный импульсный характер. Определены и проанализированы статистические характеристики радиоизлучения СПД, что позволяет разрабатывать математические модели нового класса помех, источником которых является СПД;
- **разработан** имитатор радиоизлучения стационарных плазменных двигателей, алгоритм работы которого базируется на разработанных математических и имитационных моделях радиоизлучения СПД. Имитатор позволяет обеспечить проведение, как комплексных наземных испытаний КА, так и исследование влияния излучения СПД на помехоустойчивость конкретных радиосистем космической связи;

- **впервые получены** и исследованы количественные оценки помехоустойчивости радиосистем космической связи в условиях воздействия радиоизлучения стационарных плазменных двигателей, позволяющие принимать обоснованные технические решения при проектировании и выборе параметров радиосистем космической связи;
- **предложены** новые методы и алгоритмы оценки текущего отношения сигнал-шум в условиях воздействия радиоизлучения стационарных плазменных двигателей, работоспособные в широком диапазоне отношений сигнал-шум и сигнал-импульсная помеха;
- **сформулированы рекомендации** по разработке и созданию радиосистем космической связи, функционирующих в условиях воздействия радиоизлучения стационарных плазменных двигателей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **разработан** комплекс методов, математических моделей, аппаратно-программных и программно-алгоритмических средств, а также технических решений для экспериментального исследования характеристик радиоизлучения стационарных плазменных двигателей в наземных условиях и анализа влияния этого излучения на помехоустойчивость радиосистем космической связи с КА, оснащенными электрическими ракетными двигателями (ЭРД), позволивший впервые получить количественные оценки помехоустойчивости в этих условиях и разработать методы ее повышения;
- **разработаны и апробированы экспериментальные методы исследования** спектрально-временной структуры и параметров 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, необходимая для разработки и реализации математических и имитационных моделей такого излучения;
- **разработана и апробирована** методика обработки результатов

экспериментальных измерений для отдельного определения характеристик структурных составляющих излучения СПД в радиодиапазоне, включающих тепловую и нетепловую компоненты излучения, и их количественных параметров;

- **экспериментально выявлено** влияние на характеристики излучения СПД его функциональных и конструктивных элементов. Показано, что результаты измерения текущих параметров радиоизлучения СПД могут быть использованы для контроля состояния и оптимизации параметров работы СПД;
- **разработаны и апробированы** обобщенные математические модели излучения СПД в радиодиапазоне: на основе модифицированной модели Фурутсу-Ишида и на основе моделей Холла и стробированного 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;
- **разработаны** математические и имитационные модели, позволившие для типовых методов фазовой и амплитудно-фазовой модуляции, используемых в радиосистемах космической связи (РСКС), получить 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.

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

1. Результаты диссертационной работы были использованы при проведении исследований и разработок перспективных КА и цифровых космических радиосистем связи, на что получены акты внедрения:

- АО «Информационные спутниковые системы» им. академика М.Ф.Решетнёва («ИСС»);
- ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» («ЦНИИМАШ»);
- «Международного научно-исследовательском института проблем управления» («МНИИПУ»);
- ООО «Топкон Позиционинг Системс» («ТПС»);
- ФГБОУВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» («МАИ») (внедрение в учебный процесс).

2. Разработанные принципы построения многофункционального экспериментального стенда НИИ ПМЭ МАИ для исследования собственного радиоизлучения ЭРД в наземных условиях защищены двумя патентами РФ на полезную модель.

3. Разработанные алгоритмы борьбы с радиоизлучением СПД и оценки текущего отношения сигнал-шум защищены двумя патентами на изобретение РФ, тремя патентами на изобретение США и патентом Евросоюза.

4. Разработанные программно-алгоритмические комплексы для экспериментальных измерений спектральных характеристик собственного излучения стационарных плазменных двигателей и его моделирования на ЭВМ прошли государственную регистрацию.

Оценка достоверности результатов исследования показала:

- **экспериментальные работы** проводились на сертифицированном в установленном порядке многофункциональном экспериментальном стенде НИИ ПМЭ МАИ в соответствии с разработанной методикой измерений, включающей процедуры калибровки измерительного комплекса и промежуточного контроля получаемых данных;
- достоверность **математических и имитационных моделей** радиоизлучения СПД подтверждается их верификацией на основе сравнения результатов моделирования с экспериментально полученными

результатами;

- достоверность **теоретических результатов**, методик анализа и математических моделей подтверждается результатами сравнительного анализа с существующими решениями задач подобного рода и результатами имитационного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в:

- **разработке и апробации** комплекса методов, математических моделей, аппаратно-программных и программно-алгоритмических средств и технических решений для автоматизированного измерительного комплекса, обеспечивающего экспериментальные измерения, обработку результатов и анализ характеристик радиоизлучения стационарных плазменных двигателей в наземных условиях;
- **разработке** методики и математических моделей излучения СПД в радиодиапазоне, имитационных моделей и программно-алгоритмических средства для моделирования такого излучения на ЭВМ;
- **разработке и исследовании** математических моделей и программно-алгоритмических средств для имитационного моделирования воздействия излучения СПД на РСКС, **получении и анализе** количественных оценок достоверности передачи информации в РСКС, функционирующих в условиях воздействия излучения СПД, **исследовании** влияния этого излучения на достоверность передачи информации и величину энергетического проигрыша для различных методов модуляции;
- **разработке и исследовании** новых методов компенсации деструктивного воздействия излучения СПД;
- **разработке и исследовании** новых методов измерения текущих значений отношения сигнал-шум, в том числе и при воздействии радиоизлучения СПД.

Диссертационный совет отмечает, что диссертационная работа Важенина Николая Афанасьевича является законченным научным исследованием, в котором решена актуальная научная проблема повышения эффективности

функционирования радиосистем космической связи при воздействии радиоизлучения стационарных плазменных двигателей, и соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждении ученых степеней».

На заседании 19 декабря 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Важнину Н.А. учёную степень доктора технических наук по специальностям 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

При проведении тайного голосования диссертационным советом в количестве 22 человек, входящих в состав совета и дополнительно введенных для проведения разовой защиты 6 человек, из участвовавших в заседании 24 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» и 5 докторов наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», проголосовали: «за» - 24, «против» - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель

Диссертационного совета Д.212.125.03

д.т.н., профессор

Воскресенский Д. И.

Учёный секретарь совета Д.212.125.03

д.т.н., с.н.с.

Сычев М. И.

19.12.2017 г.

И.о.начальника отдела УД МАИ

Т.А. Аникина

