

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.07

Соискатель: Клыков Антон Владимирович

Тема диссертации: Исследование помехозащищенности электрических жгутов электротехнических комплексов летательных аппаратов при воздействии мощных электромагнитных помех.

Специальность: 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы»

Решение диссертационного совета по результатам защиты

диссертации:

На заседании 29 ноября 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» и удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить Клыкову Антону Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета* Пенкин В.Т., *ВрИО ученого секретаря диссертационного совета* Кривилев А.В., члены диссертационного совета: Ковалев К.Л., Самсонович С.Л., Беспалов В.Я., Вильданов К.Я., Вольский С.И., Вышков Ю.Д., Глущенко М.Д., Ермаков С.А., Зечихин Б.С., Кириллов В.Ю., Копылов С.И., Крахин О.И., Лалабеков В.И., Лёвин А.В., Машуков Е.В., Мельников В.Е., Оболенский Ю.Г., Парафесь С.Г., Резников С.Б., Шевцов Д.А.

ВрИО ученого секретаря диссертационного
совета Д 212.125.07



Кривилев А.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.07 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.11.2016 № 10

О присуждении Клыкову Антону Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование помехозащищенности электрических жгутов электротехнических комплексов летательных аппаратов при воздействии мощных электромагнитных помех» в виде рукописи по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 29 сентября 2016 года, протокол № 4, диссертационным советом Д 212.125.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), 125993, Российская Федерация, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д.4, утвержден приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Клыков Антон Владимирович, 1989 года рождения, гражданин Российской Федерации, в 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Управляющие, пилотажно-навигационные и электроэнергетические комплексы ЛА». В настоящее время работает ведущим специалистом в АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» (г. Дубна).

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 309 «Теоретическая электротехника». В период подготовки диссертации с 2012 года соискатель обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по вышеназванной кафедре, окончил обучение в очной аспирантуре в 2015 году.

Научный руководитель – доктор технических наук **Кириллов Владимир Юрьевич**, профессор, заведующий кафедрой 309 «Теоретическая электротехника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. **Саенко Владимир Степанович**, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, начальник учебно-исследовательской лаборатории функциональной безопасности космических аппаратов и систем Московского института электроники и математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»;

2. **Лемешко Николай Васильевич**, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-технического центра анализа электромагнитной совместимости федерального государственного унитарного предприятия Научно-исследовательский институт радио;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Акционерное общество «Московский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский радиотехнический институт» в своем положительном отзыве (заседание НТС 02.11.2016, протокол

№12), составленном начальником отдела обеспечения научных исследований, ученым секретарем, доктором технических наук, профессором, Мыровой Людмилой Ошеровной, и утвержденном заместителем генерального директора по науке, доктором технических наук, профессором Шевыревым Александром Владимировичем, указала, что диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, и соответствует требованиям пп. 9, 10 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Клыков Антон Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 11, общим объемом 6,7 печатных листа. Из них 7 статей опубликованы в журналах, входящих в утвержденный ВАК РФ Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации. Из 11 работ 10 опубликовано в соавторстве. В этих работах результаты получены либо автором лично, либо при непосредственном участии автора диссертационной работы. Различные аспекты материалов диссертации отражены в 2 научно-технических отчетах по составным частям опытно-конструкторской работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Кириллов В.Ю., Клыков А.В. Возможности компьютерного моделирования при решении задач электромагнитной совместимости бортовых кабельных сетей самолетов // Электронный журнал «Труды МАИ». 2012. № 57. 9 с.

2. Кириллов В.Ю., Клыков А.В., Нгуен В.Х. Моделирование воздействия мощных электромагнитных помех на электротехнический комплекс самолета // Электронный журнал «Труды МАИ». 2013. № 71. 14 с.

3. Кириллов В.Ю., Клыков А.В., Жегов Н.А., Нгуен В.Х., Томилин М.М. Исследование частотных характеристик моделей сопротивлений связи

бортовых кабелей летательных аппаратов // Электронный журнал «Труды МАИ». 2014. № 75. 10 с.

4. Кириллов В.Ю., **Клыков А.В.**, Нгуен В.Х., Томилин М.М. Исследование сопротивления связи и эффективности экранирования бортовых кабелей летательных аппаратов // Журнал «Технологии электромагнитной совместимости». 2014. № 2 (49). с. 3-8.

5. Кириллов В.Ю., **Клыков А.В.**, Нгуен В.Х., Томилин М.М. Математическая модель воздействия электростатических разрядов на бортовую кабельную сеть космического аппарата // Журнал «Вестник Московского авиационного института». № 3, 2014, т.21. с. 118-127.

6. Жегов Н.А., Кириллов В.Ю., **Клыков А.В.**, Марченко М.В., Томилин М.М. Сравнение методов исследования эффективности экранирования бортовых кабелей летательных аппаратов // Журнал «Технологии электромагнитной совместимости». 2015. № 1 (52). с. 44-48.

7. Жегов Н.А., Кириллов В.Ю., **Клыков А.В.**, Томилин М.М. Сравнение расчётных и экспериментальных частотных характеристик эффективности экранирования бортовых кабелей летательных аппаратов // Журнал «Вестник Московского авиационного института». № 4, 2015, т.22. с. 142-148.

8. Разработка математических моделей и методик расчета базовой конструкции кабельных сборок с учетом заданных требований помехозащищенности: научно-технический отчет по СЧ ОКР «Разработка математических моделей и создание проекта отраслевого стандарта по подтверждению параметров помехозащищенности кабельныхборок» / Кириллов В.Ю., Томилин М.М., **Клыков А.В.**, Антипов А.М. – Москва: Московский авиационный институт, 2013. – 274 с.

9. Разработка программ-методик проведения испытаний ЭМС и на воздействие ЭСР. Исследование ослабления внешних помех при совместной прокладке экранированных линий связи: научно-технический отчет по СЧ ОКР «Разработка математических моделей и создание проекта отраслевого

стандарта по подтверждению параметров помехозащищенности кабельных сборок» / Кириллов В.Ю., Томилин М.М., Клыков А.В., Шмелев В.П., Жуков П.А. – Москва: Московский авиационный институт, 2014. – 214 с.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

— московская молодёжная научно-практическая конференция «Инновации в авиации и космонавтике», г. Москва, 2013 год;

— московская молодёжная научно-практическая конференция «Инновации в авиации и космонавтике», г. Москва, 2014 год;

— II Всероссийская научно-техническая конференция «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости – ТехноЭМС», г. Москва, 2015 год;

— III Всероссийская научно-техническая конференция «Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости – ТехноЭМС», г. Москва, 2016 год.

На автореферат и диссертацию поступило 12 отзывов (все отзывы положительные).

Отзыв официального оппонента Саенко Владимира Степановича, гражданина Российской Федерации, доктора технических наук, профессора, начальника учебно-исследовательской лаборатории функциональной безопасности космических аппаратов и систем Московского института электроники и математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (123458, г. Москва, ул. Таллинская, д. 34). Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. Заявленная в диссертации «Цель диссертационной работы заключается в повышении помехозащищенности электрических жгутов электротехнических комплексов (ЭТК) ЛА при воздействии излучаемых мощных электромагнитных

помех (МЭМП) путем исследования результатов их воздействия в виде наведенных токов и напряжений на экранах и внутренних проводниках электрических жгутов, влияющих на работоспособность и качество функционирования ЛА, сформулирована не вполне удачно.

Мне кажется, что повысить помехозащищенность электрических жгутов ЭТК при воздействии излучаемых МЭМП путем исследования результатов их воздействия в виде наведенных токов и напряжений на экранах и внутренних проводниках электрических жгутов невозможно. Для повышения помехозащищенности нужно сделать с кабельными экранами что-то еще кроме исследований.

2. В разделе «Научная новизна диссертационной работ» отмечено, что научная новизна заключается в следующем:

— разработаны математическая модель и методика расчета спектральных характеристик и энергий импульсных излучаемых МЭМП, проникающих во внутреннее пространство конструкции ЛА и корпусов приборов и устройств ЭТК ЛА;

— разработаны математические модели и методика расчета воздействия периодических и импульсных излучаемых МЭМП на экраны электрических жгутов ЭТК ЛА, рассматриваемых в виде электрических цепей с распределенными параметрами;

— разработаны математические модели и методика расчета наведенных импульсными излучаемыми МЭМП кондуктивных ЭМП на внутренних проводниках экранированных электрических жгутов ЭТК ЛА с использованием методов анализа электрических цепей с распределенными параметрами.

Однако, во всех перечисленных пунктах отсутствует упоминание о том, что разработанная модель или методика отличается от известных тем, что... Поэтому не сразу понимаешь, это пионерская работа или автор забыл более явно выделить свой личный вклад в решение этой задачи.

3. В диссертации отсутствует обстоятельное разъяснение возможности возникновения в конструкции ЛА локального или распределенного

электромагнитного поля и не понятно чем обусловлена необходимость такой классификации.

4. В кабельной промышленности для оценки эффективности экранирования кабелей применяется метод триаксиальной линии (ГОСТ Р 54429-2011, ГОСТ Р 53880-2010). Ссылок на этот ГОСТ я в диссертации не нашел, не нашел и сведений об отличии триаксиального метода разработанного в диссертации и приведенного в цитируемом ГОСТе.

Отзыв официального оппонента Лемешко Николая Васильевича, гражданина Российской Федерации, доктора технических наук, главного научного сотрудника научно-технического центра анализа электромагнитной совместимости федерального государственного унитарного предприятия Научно-исследовательский институт радио (105064, г. Москва, ул. Казакова, д. 16). Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. В диссертации приведен пример расчета наведенных электрическим и магнитным полями МЭМП кондуктивных периодических и импульсных ЭМП только для внешнего экрана электрических жгутов, хотя численная методика расчета кондуктивных периодических и импульсных ЭМП для внутренних проводников и внутренних экранов электрических жгутов приведена в работе и требует примера использования.

2. В качестве апробации результатов математических расчетов в диссертации автором приведены только экспериментальные подтверждения математических моделей расчета сопротивления связи и эффективности экранирования плетеных экранов. Однако автор не провел эксперимент, подтверждающий действенность математических моделей и методик расчета кондуктивных периодических и импульсных ЭМП на внутренних проводниках и экранах электрических жгутов при воздействии МЭМП, т.е., по сути не подтвердил экспериментально основной научный итог диссертационной работы.

3. В диссертации автором проведено моделирование воздействия ЭМП, наведенных в электрических жгутах внешними МЭМП, на устройство ЭТК ЛА с помощью программы OrCad 9.2. Однако вопрос о корреляции результатов моделирования и эксперимента остается открытым, поскольку не рассмотрен вопрос о собственной погрешности измерительного стенда и влиянии на нее второстепенных, но существенных факторов.

4. Во введении, в разделе, где описана практическая значимость работы, отмечается создание стенда, позволяющего измерять эффективность экранирования и сопротивления связи электрических контуров. Вместе с тем, принципы построения таких стендов известны в радиотехнике. В частности, в книге Ефимова И.Е., Останьковича Г.А. Радиочастотные линии и передачи. Радиочастотные кабели. – М.: Связь, 1977. – 408 с. этому вопросу посвящен целый раздел. Поэтому создание стенда как такового нельзя причислить к практической значимости работы.

5. В работе имеются синтаксические и пунктуационные неточности.

Отзыв ведущей организации Акционерного общества «Московский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский радиотехнический институт», составленный начальником отдела обеспечения научных исследований, ученым секретарем, доктором технических наук, профессором Мыровой Людмилой Ошеровой, и утвержденный заместителем генерального директора по науке, доктором технических наук, профессором Шевыревым Александром Владимировичем (109028, г. Москва, Большой Трехсвятительский пер., д. 2/1). Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. Некорректно оформлена схема алгоритма расчета уровней МЭМП на рисунке 2.2 диссертационной работы и рисунке 2 автореферата, а именно на третьем уровне схемы вместо символа «решение» должен быть символ «процесс».

2. В главе 2 приведены формулы для расчета спектральных функций МЭМП, проникающих во внутреннее пространство конструкции ЛА и внутрь

корпусов приборов и устройств ЭТК ЛА, но не выполнено перехода от изображений спектральных функций к их оригиналам, что позволило бы получить временные характеристики МЭМП. Однако необходимость такого перехода от изображений к оригиналам отмечена как направление дальнейших исследований в заключении диссертации.

3. В главе 2 не учтен процесс распространения МЭМП во внутреннем пространстве конструкции ЛА и внутри корпусов приборов и устройств ЭТК ЛА с учетом степени их заполнения и особенностей конструкции.

4. В главах 3 и 4 не рассмотрено воздействие неравномерно распределенных электрического и магнитного полей излучаемой МЭМП на экраны и внутренние проводники электрических жгутов ЭТК ЛА, когда как в реальных конструкциях возможен такой случай воздействия МЭМП.

5. В главе 5 диссертационной работы после сравнения частотных характеристик математических моделей сопротивлений связи с экспериментальными частотными характеристиками отсутствует критерий выбора оптимальной математической модели сопротивления связи для расчета наведенных токов и напряжений на экранах и внутренних проводниках электрических жгутов ЭТК ЛА.

Отзыв на автореферат Московского института электроники и математики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (123458, г. Москва, ул. Таллинская, д. 34), составленный доктором технических наук, лауреатом премии правительства РФ, профессором департамента электронной инженерии Кечиевым Леонидом Николаевичем. Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. В автореферате приводится расчет энергии электрического поля проникающего через неоднородности экрана. Но не приведен расчет аналитической функции, описывающей форму внутренней ЭМП.

2. В тексте автореферата не приведены параметры внешней импульсной излучаемой ЭМП, при воздействии которой в электрическом жгуте наводится кондуктивная ЭМП, превышающая уровень восприимчивости микропроцессора системы рулевого привода ЛА.

Отзыв на автореферат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40), составленный доктором технических наук, старшим научным сотрудником, член-корреспондентом Сибирской академии наук высшей школы, ведущим научным сотрудником научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств» Газизовым Тальгатом Рашитовичем. Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. В общей характеристике работы не выделен такой элемент её структуры как «Теоретическая значимость», рекомендуемый ГОСТ 7.0.11-2011.

2. Положения, выносимые на защиту, сформулированы не как утверждения, а как результаты.

3. Судя по автореферату, погонные сопротивление (R) и проводимость (G) полагаются константами. Между тем, в общем случае, они зависят от частоты, что может повлиять на результаты моделирования отклика, особенно на импульсное воздействие с широким спектром. В автореферате это никак не оговорено.

4. Нет оценки вычислительных затрат предложенных моделей.

Отзыв на автореферат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технологический университет» (119454 г. Москва, проспект Вернадского, д. 78), составленный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой теоретической радиотехники и радиофизики Битюковым Владимиром Ксенофоновичем. Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. Не достаточно подробно описаны существующие математические модели и методики расчета, их достоинства и недостатки.

2. Не представлены результаты технико-экономической оценки от внедрения разработанных математических моделей и методик расчета в практику проектирования ЛА и его БРЭО.

3. При описании главы 5 не приведен закон управления рулевым приводом.

Отзыв на автореферат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (420111, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К.Маркса, д. 10), составленный кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Гизатуллиным Зиннуром Марселевичем. Отзыв положительный. Замечание следующее.

1. На рис. 7 автореферата отражена схема вариантов расчетов кондуктивных ЭМП в электрических жгутах при воздействии мощных излучаемых ЭМП, но не определено количество моделей воздействия мощных излучаемых ЭМП на электрические жгуты и количество вариантов расчета кондуктивных ЭМП.

Отзыв на автореферат акционерного общества «Машиностроительное конструкторское бюро «Факел» (141401, Московская область, г. Химки, ул. Грушина, д. 33), составленный кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, заместителем генерального конструктора Соколовским Виктором Владимировичем и доктором технических наук, старшим научным сотрудником, ученым секретарем Селезневым Валерием Петровичем, и утвержденный доктором технических наук, старшим научным сотрудником, Генеральным директором, генеральным конструктором Дорониным Виктором Валентиновичем. Отзыв положительный. Замечание следующее.

1. Отсутствие сопоставительного анализа предлагаемых методик расчета с известными решениями, которые являлись исходными для проведенных исследований.

Отзыв на автореферат федерального государственного унитарного предприятия «Московское опытно-конструкторское бюро «Марс» (127473, г. Москва, 1-й Щемиловский пер., д. 16), составленный кандидатом технических наук, начальником отдела Марченко Михаилом Владимировичем. Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. Из текста автореферата не ясно в каких случаях возможно воздействие на электрические жгуты МЭМП в виде локализованного и распределенного электрического и магнитного полей и как физически возможна реализация локализованного в пространстве электромагнитного поля?

2. В главах 3 и 4 воздействие магнитного поля рассматривается отдельно от электрического поля, когда как в тех частотных диапазонах (~100 МГц) в которых приведены численные примеры воздействующее магнитное поле без электрической составляющей не существует.

3. В работе сказано, что сравнение характеристик сопротивлений связи для экранированных кабелей, рассчитанных по теоретическим моделям с частотными характеристиками полученными экспериментально на разработанном стенде позволяет выбрать модель сопротивления связи для расчета наведенных токов и напряжений на внутренних проводниках электрических жгутов ЭТК ЛА при расчетах, но не продемонстрировано как это сделать.

Отзыв на автореферат акционерного общества «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования» (140185, Московская область, г. Жуковский, ул. Туполева, д. 18), составленный кандидатом технических наук, начальником лаборатории ЭМС Фаворовым Юрием Николаевичем и кандидатом технических наук, директором научного центра инновационного и технологического развития, перспективного планирования

Красновым Николаем Николаевичем, и утвержденный доктором технических наук, Генеральным директором – Генеральным конструктором Воробьевым Александром Владимировичем. Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. Мало внимания уделено исследованию воздействия на электрические жгуты электромагнитных полей высокой интенсивности от радиопередающих устройств. В настоящее время именно они представляют наибольшую опасность для работы цифровых систем ЛА.

2. В диссертации не четко обозначены границы частотного диапазона, в котором обеспечивается адекватность разработанных автором математических моделей и методик расчета.

3. Не учтен ряд факторов, влияющих на формирование погрешностей расчета токов и напряжений помех, наводимых в проводах линий связи (например - неопределенность поляризационных характеристик поля излучения в приборных отсеках ЛА).

Отзыв на автореферат акционерного общества «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения» (143966, Московская область, г. Реутов, ул. Гагарина, д. 33), составленный начальником отделения 9 Сливко Сергеем Александровичем, заместителем начальника отдела 9-11 Гоговым Игорем Юрьевичем и кандидатом физико-математических наук, ученым секретарем НТС Точиловым Леонидом Сергеевичем, и утвержденный кандидатом технических наук, Заместителем Генерального конструктора, Лауреатом премии правительства РФ Бурганским Аркадием Ильичем. Отзыв положительный. Замечания следующие.

1. Цель диссертационной работы - «повышение помехозащищенности... путем исследования результатов воздействия...» - сформулировано не в полном соответствии с содержанием и результатами, представленными в автореферате. По нашему мнению, сложившемуся в результате анализа материалов автореферата, достигнутая цель – «разработка методологии обеспечения

помехозащищенности электрических жгутов ЭТК ЛА на основе исследования результатов воздействия МЭМП».

2. В автореферате не приведены системные требования к разработанным программным комплексам для ЭВМ и эксплуатационные характеристики.

Отзыв на автореферат Федерального государственного унитарного предприятия Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (141070, Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д. 4), составленный доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником Мельниковым Виталием Михайловичем и начальником отдела 1204 Морозовым Евгением Павловичем. Отзыв положительный. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными учеными в области диссертационного исследования, что подтверждается их научными публикациями. **Выбор ведущей организации обуславливается** широкой известностью ее достижений в области научных исследований по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

— **получены** результаты, позволяющие количественно определять наведенные под воздействием излучаемых МЭМП кондуктивные ЭМП на экранах и внутренних проводниках электрических жгутов, влияющие на работоспособность и качество функционирования ЭТК ЛА, что **позволит** разработчикам приборов и устройств ЭТК ЛА на этапе их проектирования предусмотреть конструкционные и схемотехнические методы защиты от конкретных значений кондуктивных ЭМП;

— **разработана** методика расчета спектральных характеристик и энергий импульсных излучаемых МЭМП, проникающих во внутреннее пространство конструкций ЛА, корпусов приборов и устройств ЭТК ЛА, отличающая от известных методик расчета (В.И. Кравченко, Л.Н. Кечиев) тем, что **позволяет**

количественно оценить спектральные характеристики и энергии импульсных излучаемых МЭМП, проникающих во внутреннее пространство конструкций через группировку апертур;

— впервые **предложена** схема вариантов расчета наведенных кондуктивных ЭМП в электрических жгутах при воздействии излучаемых МЭМП. Данная схема позволяет выбирать математические модели и методику расчета наведенных кондуктивных ЭМП на экранах и внутренних проводниках электрических жгутов ЭТК ЛА для 24 различных вариантов воздействия МЭМП с учетом их параметров;

— **разработана** методика расчета наведенных кондуктивных ЭМП на экранах электрических жгутов ЭТК ЛА при воздействии периодических и импульсных излучаемых МЭМП, отличающаяся от известных (М.М. Томилин, М.В. Марченко, В.Х. Нгуен, Со Аунг) тем, что **учитывает** условия проникновения излучаемых МЭМП во внутреннее пространство конструкций ЛА, корпусов приборов и устройств ЭТК ЛА;

— **разработана** методика расчета наведенных периодическими и импульсными излучаемыми МЭМП кондуктивных ЭМП на внутренних проводниках экранированных электрических жгутов ЭТК ЛА с использованием методов анализа электрических цепей с распределенными параметрами, отличающаяся от известных (М.М. Томилин, В.Х. Нгуен) тем, что **учитывает** случаи воздействия на электрические жгуты периодических и импульсных локализованных и распределенных излучаемых МЭМП;

— на основе современного языка программирования MATLAB **выполнена** программная реализация разработанных методик, дающая возможность их автоматизированного использования разработчикам приборов и устройств ЭТК ЛА;

— **внедрение** разработанных методик расчета позволит оценивать качество функционирования ЭТК ЛА при разнообразных внешних воздействиях периодических и импульсных излучаемых МЭМП.

Теоретическая значимость работы обоснована тем, что:

— **предложенная** математическая модель расчета спектральных характеристик и энергий импульсных излучаемых МЭМП, проникающих во внутреннее пространство конструкции ЛА, корпусов приборов и устройств ЭТК ЛА, **основана** на корректном использовании теории экранирования и операционного исчисления;

— **предложенные** математические модели воздействия периодических и импульсных излучаемых МЭМП в виде электрического и магнитного локализованного и распределенного полей на электрические жгуты ЭТК ЛА, позволяющие рассчитывать наведенные кондуктивные ЭМП на экранах и внутренних проводниках электрических жгутов, рассматриваемых в виде электрических цепей с распределенными параметрами, **основаны** на использовании методов теоретической электротехники, теории функций комплексного переменного и операционного исчисления.

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

— разработано программное обеспечение, которое позволяет рассчитывать проникновение импульсных МЭМП во внутреннее пространство конструкции ЛА и внутрь корпусов приборов и устройств ЭТК ЛА. Программное обеспечение использовано для расчета спектральных характеристик и энергий импульсных МЭМП, воздействующих на электрические жгуты самолета МС-21, а также может быть использовано при оценке воздействия на электрические жгуты других типов ЛА, в том числе беспилотных;

— на основе созданного стенда проведены исследования частотных характеристик эффективностей экранирования и сопротивлений связи экранов электрических жгутов и выполнено сравнение с частотными характеристиками, построенными по их математическим моделям. Стенд отличается от известных (ГОСТ Р 54429-2011, ГОСТ Р 53880-2010, ОСТ 1 01205-2012) наличием

токоъемника, позволяющего измерять величину тока с учетом индуктивности экрана;

— в результате проведенного моделирования показано ухудшение качества функционирования устройства ЭТК ЛА в случае недостаточной помехозащищенности электрических жгутов, предназначенных для передачи управляющих сигналов;

— результаты диссертационной работы в части математических моделей воздействия периодических и импульсных излучаемых МЭМП на экраны электрических жгутов ЭТК ЛА и методики расчета наведенных данными МЭМП кондуктивных ЭМП на внутренних проводниках экранированных электрических жгутов были использованы в рамках СЧ ОКР «Жгутокаб-МАИ»: «Разработка математических моделей и создание проекта отраслевого стандарта по подтверждению параметров помехозащищенности кабельных сборок», проводимой в Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете).

Оценка достоверности результатов:

Достоверность теоретических исследований подтверждена корректностью исходных положений, приближений и преобразований, использованием апробированного математического аппарата, компьютерных программ, методов теоретической электротехники, теории экранирования, теории функций комплексного переменного и операционного исчисления и логической обоснованностью выводов. Полученные результаты подтверждены компьютерным моделированием и физическими экспериментами, проведением качественного сравнения полученных экспериментальных данных с расчетными, выявившем связь между наблюдаемым физическим явлением протекания тока по экрану электрического жгута и результатом математических расчетов.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

— разработаны математические модели и методики расчета: спектральных характеристик и энергий импульсных излучаемых МЭМП в виде

электрического и магнитного полей, проникающих внутрь конструкции ЛА и ЭТК ЛА; воздействия периодических и импульсных излучаемых МЭМП в виде электрического и магнитного полей на экраны электрических жгутов ЭТК ЛА; наведенных импульсными электрическим и магнитным полями излучаемых МЭМП кондуктивных ЭМП на внутренних проводниках экранированных электрических жгутов ЭТК ЛА;

— создан стенд, с использованием которого определены экспериментально эффективности экранирования и сопротивления связи различных типов экранов электрических жгутов, и проведено их сравнение с расчетными значениями, полученными на основе математических моделей;

— в работах, опубликованных в соавторстве, в анализе видов и источников МЭМП, воздействующих на ЛА; разработке математических моделей воздействия МЭМП на электрические жгуты и методик расчета наведенных кондуктивных ЭМП на экранах и внутренних проводниках электрических жгутов; экспериментальном определении сопротивлений связи и эффективностей экранирования электрических жгутов и сравнении их экспериментальных частотных характеристик с теоретическими.

Диссертация охватывает вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи выводов.

На заседании 29 ноября 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует паспорту специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» и удовлетворяет критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Клыкову Антону

Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

В диссертационной работе разработаны научно-обоснованные математические модели и методики расчета воздействия проникающих во внутреннее пространство конструкции ЛА мощных электромагнитных помех на электрические жгуты ЛА, внедрение которых вносит значительный вклад в решение проблем электромагнитной совместимости и помехозащищенности электротехнических комплексов ЛА.

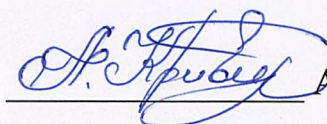
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человека, из них 7 докторов технических наук по специальности 05.02.02, 8 докторов технических наук по специальности 05.09.01, 7 докторов технических наук по специальности 05.09.03, участвовавших в заседании, из 26 членов, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени - 22, против присуждения ученой степени - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.07, д.т.н.



В.Т. Пенкин

ВрИО ученого секретаря диссертационного
совета Д 212.125.07, д.т.н.



А.В. Кривилев

29.11.2016