

## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Саенко Владимира Степановича на диссертацию Клыкова Антона Владимировича на тему «Исследование помехозащищенности электрических жгутов электротехнических комплексов летательных аппаратов при воздействии мощных электромагнитных помех», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

### **Актуальность темы.**

В диссертационной работе Клыкова Антона Владимировича на тему «Исследование помехозащищенности электрических жгутов электротехнических комплексов летательных аппаратов при воздействии мощных электромагнитных помех» решается актуальная задача повышения помехозащищенности электрических жгутов электротехнических комплексов (ЭТК) летательных аппаратов (ЛА). Эта задача не новая. Она начинается еще с исследований С. А. Щелкунова, но каждая новая попытка решения этой задачи характеризует определенный этап развития микро, а теперь nano электроники. Это связано с тем, что усложнение ЭТК ЛА, переход на изделия микроэлектроники нового поколения, увеличение плотности размещения полупроводниковых приборов в радиоэлектронных устройствах, снижение уровней сигналов информационного обмена и управления, приводит к значительному повышению восприимчивости ЭТК ЛА к воздействию мощных электромагнитных помех (МЭМП). Основными рецепторами МЭМП являются электрические жгуты, соединяющие между собой электронные блоки бортовой аппаратуры. МЭМП воздействуя на ЛА, наводят в цепях электрических жгутов кондуктивные электромагнитные помехи (ЭМП) с уровнями, превышающими пороги восприимчивости полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. Наведенные в электрических жгутах электромагнитные помехи, проникают через электрические соединители радиоэлектронных устройств ЭТК ЛА и попадают на проводящие дорожки печатных плат. Через выводы полупроводниковых приборов и интегральных микросхем эти помехи воздействуют на их внутреннюю структуру полупроводниковых приборов, что приводит к сбоям и отказам в работе радиоэлектронных устройств ЭТК ЛА.

Повышение помехозащищенности электрических жгутов при воздействии излучаемых МЭМП позволит повысить функциональную безопасность ЭТК ЛА. Поэтому тема работы, безусловно, актуальна.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В представленной диссертации решен ряд частных задач предназначенных для расчета величины электромагнитных помех в электрических жгутах бортовой кабельной сети. Совокупность этих задач и их совместное рассмотрение позволило обосновать научные положения диссертации, выводы и рекомендации. К основным научным результатам работы следует отнести нижеперечисленные положения, составляющие научную новизну работы и ее практическую значимость:

1. Разработаны математическая модель и методика расчета спектральных характеристик импульсных МЭМП позволившие получить результаты в виде численных значений электрического и магнитного полей, проникающих внутрь конструкции ЛА и ЭТК ЛА.

2. Разработаны математические модели и методика расчета воздействия периодических и импульсных МЭМП в виде электрического и магнитного полей на экраны электрических жгутов ЭТК ЛА, рассматриваемых в виде электрических цепей с распределенными параметрами.

3. Разработаны математические модели и методика расчета наведенных электрическим и магнитным полями кондуктивных периодических и импульсных ЭМП на внутренних проводниках экранированных электрических жгутов ЭТК ЛА, рассматриваемых в виде электрических цепей с распределенными параметрами.

4. 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 жгутов ЭТК ЛА для различных случаев воздействия и физических характеристик МЭМП.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что предложенные математические модели и разработанные методики расчета позволяют: оценивать спектральные характеристики и энергии МЭМП, проникающих внутрь конструкции ЛА, и наведенные их воздействием напряжения и токи на внутренних проводниках и экранах электрических жгутов ЭТК ЛА; разрабатывать рекомендации по повышению помехозащищенности электрических жгутов.

## **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается неплохой сходимостью полученных результатов с результатами экспериментальных исследований, хотя эту сходимость, по словам автора можно значительно улучшить и для этого в диссертации намечены подходы.

Кроме того, достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации обеспечивается корректным использованием математического аппарата и применением допустимых упрощений, необходимых при решении практических задач.

### **Замечания.**

Работа не лишена некоторых недочетов поэтому, отдавая дань традиции, остановлюсь на некоторых из них:

1. Заявленная в диссертации «Цель диссертационной работы заключается в повышении помехозащищенности электрических жгутов ЭТК ЛА при воздействии излучаемых 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 ЭТК ЛА» сформулирована, на мой взгляд, 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 «Научная новизна диссертационной работы» 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, 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.

2. В диссертации отсутствует обстоятельное разъяснение возможности возникновения в конструкции ЛА локального или распределенного электромагнитного поля и не понятно чем обусловлена необходимость такой классификации.

3. 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.

Отмеченные замечания не уменьшают значения полученных в диссертации результатов.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842**

Диссертация Клыкова Антона Владимировича на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы» научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация написана автором самостоятельно, что подтверждается значительным числом публикаций (11 статей), обладает внутренним единством,

содержит новые научные результаты и положения и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

В диссертации приведены сведения о внедрении и практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены как более прогрессивные по сравнению с другими известными решениями.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 7 рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК РФ.

Опираясь на вышеизложенное, я делаю заключение, что диссертационная работа Клыкова Антона Владимировича соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842, а ее автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент, д.т.н., профессор,  
Начальник учебно-исследовательской  
лаборатории функциональной безопасности  
космических аппаратов и систем,  
МИЭМ ФГАОУ ВО «НИУ «ВШЭ»,  
лауреат премии правительства РФ  
в области науки и техники

Саенко Владимир Степанович

10.11.16

Тел. сл.: 8 (495)772-95-90\*23081; e-mail: [vsaenko@hse.ru](mailto:vsaenko@hse.ru)

Адрес организации: 123458, Москва, ул. Таллинская, д.34

Подпись Саенко Владимира Степановича заверяю.

