

## ОТЗЫВ

Официального оппонента Ютта Владимира Евсеевича  
на диссертационную работу Подгорний Александра Сергеевича  
на тему «Совершенствование системы контроля помехоустойчивости  
бортового электротехнического комплекса автомобилей к электромагнитным  
воздействиям», представленную на соискание ученой степени кандидата  
технических наук по специальности 05.09.03- «Электротехнические  
комплексы и системы».

Развитие автомобильной техники, в последние десятилетия, неразрывно связано с количественно-качественным ростом элементов бортового электротехнического комплекса. Появились новые электротехнические системы обеспечения комфорта, безопасности, экологичности и эффективности. Повышается и значимость бортового электротехнического комплекса автотранспортных средств. В отдельные направления автомобилестроения выделено проектирование и производство электромобилей, автомобилей с комбинированной энергоустановкой, беспилотных автомобилей.

С одной стороны все это направлено на улучшение потребительских свойств создаваемой автомобильной техники, с другой – повышает риски эксплуатационных отказов. Именно здесь, отдельной категорией, следует рассматривать проблемы, в бортовом электротехническом комплексе автомобилей, возникающие вследствие электромагнитных возмущений, источником которых могут быть, как внешние, так и внутренние, по отношению к автомобилю, наводимые помехи.

Именно поэтому, научные работы, связанные с разработкой комплексных мер направленных на повышение электромагнитной безопасности автомобильной техники, в которых реализуются инструменты контроля бортового электротехнического комплекса по параметрам электромагнитной совместимости, чрезвычайно актуальны.

## **Анализ достоверности и обоснованности результатов и выводов**

Диссертация Подгорний А.С. состоит из введения, четырех глав, библиографического списка, заключения и приложений.

**Во введении** достаточно полно и подробно обоснована актуальность диссертационной работы. Определены цель и основные задачи. Показана степень разработанности проблемы, а также изложены научная новизна и практическая ценность.

**Первая глава** диссертационного исследования посвящена актуализации проблемы электромагнитной совместимости бортового электротехнического комплекса автомобилей. В главе рассмотрены следующие вопросы: содержание проблемы помехоустойчивости электротехнического комплекса автомобилей; обзор источников электромагнитных помех; функциональная безопасность электротехнических систем автомобиля; методы и инструменты испытаний электротехнического комплекса автомобилей на восприимчивость к внешним электромагнитным возмущениям; обзор применяемых оценок помехоустойчивости; анализ нарушений работы электротехнических систем автомобилей вследствие электромагнитных возмущений.

Основные выводы по первой главе в полной мере отражают содержание выполненной работы. Диссертант выделяет проблему обеспечения электромагнитной совместимости бортового электротехнического комплекса новых автомобилей как одну из ключевых. Проведенный анализ источников электромагнитных помех позволил выделить ряд наиболее мощных из них. Выделено, что в радиодиапазоне, наиболее интенсивными являются техногенные источники, работающие на частотах от 20 МГц до 2 ГГц. Показано, что для обеспечения функциональной безопасности электротехнического комплекса, его элементы должны обладать запасом помехоустойчивости. Критический анализ существующих систем контроля помехоустойчивости автомобильных электротехнических систем, позволил выделить ряд проблем, связанных с

необходимостью совершенствования используемых методик и инструментария, в части требует улучшений процесс определения требований к шагу перестройки по частоте, позиционированию автомобиля относительно полеобразующей системы, к параметрам импульсных воздействий, а также к режимам работы во время тестирования, что накладывает определенные риски на процесс эксплуатации автомобилей.

**Во второй главе** проводится разработка системы контроля бортового электротехнического комплекса автомобиля на устойчивость к внешним техногенным электромагнитным воздействиям.

В результате работы, во второй главе разработана система контрольных испытаний бортового электротехнического комплекса автомобилей на помехоустойчивость, которая отличается от известных позиционированием автотранспортного средства во время теста в диапазоне азимутальных углов от 0 до 360 град. Также, на основании экспериментальных исследований, установлено, что наиболее рациональный дискретный угол поворота по азимуту составляет 10 град. Во второй главе диссертации получено выражение, позволяющее рассчитать расстояние от автомобиля до полеобразующей системы при испытаниях во всем диапазоне азимутальных углов, а также разработана методика контрольных испытаний автомобилей, позволяющая в отличии от стандартных, применяемых в настоящее время методик, протестировать на помехоустойчивость электротехнические системы к широкополосному электромагнитному внешнему воздействию. Одним из важных достижений второй главы диссертации являются разработанные ездовые циклы для контрольных испытаний на помехоустойчивость автомобилей с комбинированной энергоустановкой и электромобилей, которые позволяют протестировать работоспособность автомобилей на основных режимах работы: в фазах разгона, торможения и установившихся режимах.

**Третья глава** посвящена разработке методики оценки соответствия требованиям бортового электротехнического комплекса автомобилей по

требованиям помехоустойчивости. Для решения данной задачи диссертантом была разработана вероятностная математическая модель и предложен новый критерий соответствия требованиям помехоустойчивости бортового электротехнического комплекса для партии автомобилей, что позволяет обеспечить создание системы приемочного контроля качества новых автотранспортных средств по параметрам электромагнитной совместимости. Исходя из предложенных инструментов оценки, проведено исследование влияния конструкторско-технологических параметров автомобилей на помехоустойчивость.

**В четвертой главе** диссертации решаются задачи по экспериментальным исследованиям реальных бортовых электротехнических комплексов новых моделей автомобилей отечественного и иностранного производства с использованием разработанного комплекса включающего методики и инструменты контрольных испытаний автомобилей на помехоустойчивость. Для исследования помехоустойчивости электротехнического комплекса автомобилей использовалась современная экспериментальная база, которая включает в себя безэховую камеру, полеобразующие системы, способные создавать электромагнитное поле не менее 200 В/м в диапазоне частот от 20 МГц до 2 ГГц, а также помехозащищенные системы мониторинга, способные в условиях мощных воздействий контролировать работоспособность тестируемого объекта.

В результате экспериментальных исследований установлено, что применение разработанных в диссертации методик и инструментов улучшает процесс контроля бортового электротехнического комплекса автомобилей по параметрам помехоустойчивости. В частности показано, что помехоустойчивость зависит от азимутального позиционирования автомобилей относительно источника электромагнитного излучения. Определено, что минимальные уровни электромагнитных излучений, при которых происходят нарушения работоспособности электротехнических систем, могут не соответствовать направлениям, совпадающим с продольной

и перпендикулярной осями симметрии автомобилей. Применение предложенных в работе научно-технических решений по контролю бортового электротехнического комплекса автомобилей по параметрам помехоустойчивости рациональны и улучшают используемые в настоящее время стандартные методы и сложившуюся практику.

**Заключение** содержит и полностью отражает основные результаты и выводы диссертационного исследования.

**Приложение** содержит справку о внедрении полученных научно-технических результатов диссертационного исследования в практику крупной исследовательской лаборатории ПАО «АВТОВАЗ». Также в приложении представлены ряд сертификатов соответствия на лабораторное оборудование, с помощью которого проводились экспериментальные исследования.

**Научная новизна** диссертационного исследования состоит в разработке системы контроля электротехнического комплекса автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости, в том числе, исходя из перспектив развития технологий электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой. В работе предложен алгоритм системы контроля электромагнитной совместимости электротехнического комплекса автомобилей, позволяющий определить предельно допустимый уровень помехоустойчивости в заданном диапазоне частот электромагнитных воздействий. Также в диссертации разработана вероятностная математическая модель и критерий оценки соответствия бортового электротехнического комплекса партии новых автомобилей, по требованиям помехоустойчивости, в условиях массового автомобильного производства.

**Практическая значимость и достоверность результатов** работы подтверждена справкой о внедрении научно-технических разработок диссертации. Разработанный в диссертации научно-практический комплекс внедрен в практику работы лаборатории электромагнитной совместимости ПАО «АВТОВАЗ». Среди основных элементов практической значимости

следует выделить разработанные режимы, условия и параметры контрольных испытательных тестов электротехнического комплекса автомобилей с внешним электромагнитными воздействием, а также методику расчета оценки соответствия электротехнических систем автомобиля по требованиям помехоустойчивости, которая позволяет проводить анализ конструкторских решений по помехозащищенности.

Основные результаты работы над диссертацией опубликованы в ведущих отраслевых изданиях РФ по списку ВАК и в полной мере отражают полученные комплексные решения.

В представленной работе можно отметить следующие **замечания**:

1) В первой главе диссертации, следовало бы более подробно остановиться на проблеме внутренних возмущающих факторов, снижающих помехозащищенность бортового электротехнического комплекса автомобилей.

2) Работа посвящена проблеме совершенствования системы контроля бортового электротехнического комплекса новых автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости. Как меняется электромагнитная совместимость в процессе эксплуатации автомобилей, в работе освещено не в полной мере. В этой части можно лишь признать некоторые результаты экспериментальных исследований, которые представлены в первой и четвертой главах.

3) Во второй главе диссертации, не достаточно четко прописан процесс совершенствования ездового цикла для комплексной оценки помехоустойчивости электротехнического комплекса автомобилей.

4) Также по работе есть ряд замечаний отражающих некоторые недочеты. В частности, второй параграф четвертой главы содержит всего две страницы. Такой же недостаток имеет девятый параграф той же главы. Исходя из сказанного, было бы логичнее объединить часть параграфов четвертой главы в один и рассмотреть результаты экспериментальных исследований более комплексно.

5) Из текста работы не всегда понятно, о результатах экспериментальных исследований электротехнических систем и комплексов автомобилей каких конкретно марок идет речь.

Отмеченные замечания не влияют на положительную оценку выполненной диссертационной работы и не ставят под сомнение основные результаты и выводы.

Считаю, что диссертация Подгорний А.С. является завершенной научно-квалификационной работой, направленной на повышение электромагнитной безопасности новых автомобилей на основе совершенствования системы контроля бортового электротехнического комплекса. Содержание диссертации полностью отвечает специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы». Работа соответствует установленным Постановлением Правительства Российской Федерации требованиям от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям в области технических наук, а ее автор Подгорний Александр Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 - «Электротехнические комплексы и системы».

**Официальный оппонент**

Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
академик АЭН РФ, заведующий кафедрой  
«Электротехника и электрооборудование»  
ФГБОУ ВО «Московский  
автомобильно-дорожный государственный  
технический университет (МАДИ)»  
профессор, д-р техн. наук  
125319, Москва,  
Ленинградский проспект, 64  
8 (499) 155-04-20  
<http://www.madi.ru>

**Ютт Владимир Евсеевич**

