

ОТЗЫВ **официального оппонента**

**на диссертационную работу ДВИЛЯНСКОГО Алексея Аркадьевича
на тему: «Методология математического моделирования обеспечения
функциональной устойчивости объектов критической информационной
инфраструктуры при воздействии электромагнитных импульсов»,
представляемой на соискание ученой степени доктора технических наук
по научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ**

Актуальность избранной темы диссертации

Складывающаяся на сегодняшний день внешнеполитическая обстановка предполагает учитывать новые угрозы, связанные с возможностью прекращения функционирования объектов сегментов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации (КИИ РФ), выполняющие функции обеспечения жизнедеятельности личности, общества и государства в целом. В данном аспекте учёт возможности применения по сегментам КИИ РФ средств генерирования электромагнитных импульсов микро-и наносекундной длительности большой мощности говорит об актуальности проведенного соискателем исследования, направленного на формирование **математических методов моделирования с целью** адекватного отображения процессов обеспечения функциональной устойчивости (ОФУ) объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) в условиях целенаправленного деструктивного воздействия электромагнитными импульсами (ЭМИ) с учётом изменения динамики электромагнитной обстановки, с разработкой комплекса проблемно-ориентированных программ, реализующих сформированные модели, а также численный метод оптимизации экономических затрат с целью максимального предотвращения ущерба является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Автор в рамках разработки научных положений достиг их обоснованности, что подтверждается системностью рассмотрения им всех вопросов с учётом многократно проверенных теоретически и на практике исходных данных, а также полученных результатов с сочетанием формальных и нефор-

мальных методов исследования, проверки отдельных результатов в рамках известных теоретических конструкций, которые используются в теории электромагнитного экранирования, а также оценки живучести и помехозащищенности критически информационных систем. Представленные выводы и рекомендации сформулированы на основе строгих доказательств и результатов проведенных расчётов. Их совпадение с известными результатами для частных случаев не оставляет сомнений в достоверности и обоснованности.

В рамках исследования автор добился **научной новизны исследования**, которая базируется на совокупности разработанных в настоящем исследовании элементов **теории** математического моделирования в электродинамике, **позволяющих сформировать** математические методы моделирования экранирующей конструкции, ущерба, живучести и помехозащищённости, а также численный метод оптимизации экономических затрат и алгоритмов, входящих в комплекс программ, и реализовать с единых методологических позиций **концепцию** обеспечения функциональной устойчивости (ОФУ) объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) в условиях воздействия электромагнитных импульсов (ЭМИ), направленную на разрешение выявленных системных противоречий в целях реализации принципов функциональной устойчивости данных объектов с учётом динамики электромагнитной обстановки, **базирующуюся** на комплексном исследовании проблемы, включающую анализ и синтез структур многофункциональных средств обеспечения живучести и помехозащищённости, **отличающуюся** интегральной оценкой показателей качества их функционирования на основе критериальных требований, предъявляемым к объектам КИИ в условиях воздействия ЭМИ (п. 1, 3, 4, 5 паспорта научной специальности) и включает в себя разработанные:

1. Элементы теории электромагнитного экранирования, на основании которых формируется математический метод моделирования экранирующей конструкции, обеспечивающей устойчивое функционирование компонентов объектов КИИ при воздействии ЭМИ, **базирующийся** на учете функционала энергии (потенциала) электромагнитного поля, **отличающийся** от существующих эффектом обратимости, электрофизических свойств радиопоглощающих полимерных композиционных материалов, формирующих слои в многослойной конструкции, а также формы, количества и расположения в

ней технологических неоднородностей на основе известных математических моделей, применяемых для решения электродинамических задач с выявлением общих признаков и подходов к их решению (**п. 1** паспорта научной специальности).

2. Математический метод моделирования ущерба, наносимого объектам КИИ при воздействии ЭМИ, **базирующийся** на иерархическом ранговом подходе, **отличающийся** учетом атрибутов функциональности объекта, подвергающегося воздействию и предусматривающего систематизацию их критичности с использованием экспертной системы для нахождения функции максимального предотвращенного ущерба при минимизации финансовых затрат (**п. 1** паспорта научной специальности).

3. Математический метод моделирования системы ОФУ объектов КИИ при воздействии ЭМИ, учитывающий условия их функционирования (**п. 1** паспорта научной специальности), включающий:

– математический метод моделирования живучести объектов КИИ при воздействии ЭМИ, **базирующийся** на способах и приемах расчета условной вероятности «попадания» ЭМИ (преодоления им различного рода «препятствий»), **отличающийся** учетом надежности генератора ЭМИ и обеспечивающий снижение уровней электромагнитных полей до безопасных величин;

– математический метод моделирования помехозащищённости объектов КИИ при проявлении внутренних электромагнитных излучений и наводок, **базирующийся** на аппарате теории обнаружения наведенного сигнала, **отличающийся** учётом аддитивности наводок электромагнитных излучений и собственных наводок конструктивного элемента КИИ.

4. Комплекс проблемно-ориентированных программ, позволяющий проводить вычислительные эксперименты на основе разработанных алгоритмов, реализующих сформированные математические методы моделирования, а также технологического испытательного стенда для проверки адекватности математической модели экранирующей конструкции на основании результатов натуральных экспериментов с обоснованием и тестированием эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий (**п. 3, 5, 6** паспорта научной специальности).

5. Численный метод оптимизации экономических затрат в рамках обеспечения функциональной устойчивости объектов критической информации

онной инфраструктуры в условиях воздействия ЭМИ с целью максимального предотвращения ущерба, **базирующийся** на интеллектуальной технологии оптимизации и стабилизации систем, основанный на применении теории игр, **и отличающийся** возможностью выбора вариантов обеспечения их функциональной устойчивости (п. 4 паспорта научной специальности).

Теоретическая значимость результатов, полученных соискателем определяется сформулированными и обоснованными теоретическими конструктами, составляющими дальнейшее развитие теории электромагнитного экранирования, использование которых необходимо для исследования и решения проблемы математического моделирования обеспечения функциональной устойчивости КИИ при воздействии электромагнитных излучений в том числе и для развития научного аппарата моделирования электромагнитных экранов, что позволяет проводить исследования по обоснованию пороговых значений в процедурах обнаружения воздействий и способствует накоплению знаний по применению методов обеспечения функциональной устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры.

Практическая значимость исследования определяется возможностями разработанных теоретических основ для обеспечения функциональной устойчивости объектов КИИ и заключается в том, что внедрение полученных моделей, методов, алгоритмов и комплексов программ на их основе позволяет:

1. Проводить комплексную оценку функциональной устойчивости объектов КИИ с учетом применения по ним различных средств генерации ЭМИ с использованием проблемно-ориентированных программ, обеспечивающую практическое применение разработанных численных методов.

2. Обеспечить комплексность использования современных инструментально-моделирующих средств, обеспечивающих анализ информации об электромагнитном влиянии, а также представить практические рекомендации по использованию многослойных экранирующих конструкций, математических методов моделирования ущерба, оценки живучести и помехозащищенности объектов КИИ, численного метода оптимизации экономических затрат в рамках обеспечения функциональной устойчивости объектов КИИ при воздействии ЭМИ.

3. Определить перспективы практического использования результатов исследований – разработанной математической модели экранирующей конструкции с использованием радиопоглощающих полимерных композиционных материалов (РППКМ) и технологических процессов их производства на основании результатов натуральных экспериментов с обоснованием и тестированием эффективных вычислительных методов на основе современных компьютерных технологий.

Связь с государственными и научно-исследовательскими программами:

1. Математические методы моделирования, алгоритмы расчета, а также результаты моделирования применялись при расчетно-аналитическом обосновании проектных решений по реконструкции специального объекта (шифр «3165-А»), а также при разработке конструкторско-технологических решений по обеспечению живучести и помехозащищённости специальных объектов при настройке телекоммуникационного оборудования в технологическом зале специального объекта (шифр «720/7», Протокол № 11/15-2017), выполненных «Отделом конструкционной защиты от электромагнитных воздействий» 23 ГМПИ – филиалом АО «31 Государственный проектный институт специального строительства» (г. Санкт-Петербург).

2. Научно-технологические решения внедрены в практическую деятельность Управления вооружения Федерального органа исполнительной власти Российской Федерации при формировании предложений в проект государственной программы вооружения на период 2018-2025 годов.

Структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы.

Во введении раскрыта актуальность, сформулированы научная проблема и цель диссертационного исследования, определены предмет и объект исследования, научные задачи и новизна, положения, выносимые на защиту, практическая значимость исследования, представлены связь с государственными и научно-исследовательскими программами, методологическая основа, обоснованность и достоверность исследования, информация о реализации и апробации результатов работы, а также вклад автора в разработку проблемы.

В первой главе в рамках анализа проблемы обеспечения функциональной устойчивости объектов КИИ при воздействии ЭМИ раскрываются фрагменты предметной области, которые в последующем определили направление исследований и использованы в процессе решения частных задач теоретического и практического аспектов работы, сформулированы основные определения и ограничения, принятые в ходе исследования.

Во второй главе представлен теоретический подход к формированию методологии математического моделирования процессов обеспечения функциональной устойчивости объектов КИИ в условиях деструктивных воздействий с учётом различных методов моделирования в электродинамике с описанием группы факторов реализации системы обеспечения устойчивого функционирования объектов КИИ.

В третьей главе раскрыты теоретические основы и разработаны элементы теории, определившие впоследствии разработку математического метода моделирования экранирующей конструкции (ЭК), обеспечивающей устойчивое функционирование компонентов объектов КИИ при воздействии ЭМИ.

В четвёртой главе представлены комплекс проблемно-ориентированных программ и технологический испытательный стенд, позволяющие проводить вычислительные эксперименты на основе разработанных алгоритмов, реализующих сформированные математические методы моделирования и проверку адекватности математической модели экранирующей конструкции совместно с $3D$ – компьютерным имитационным моделированием с целью реализации алгоритма расчета ЭК на основе разработанного математического метода моделирования и обоснования конструкторско-технологического решения – многослойной экранирующая конструкция (МСЭК) компонентов объектов КИИ, а также результаты натурных экспериментов по оценке адекватности разработанной математической модели ЭК, а также программный комплекс, реализующий разработанные алгоритмы в рамках математических методов моделирования.

В пятой главе представлен численный метод оптимизации экономических затрат, позволяющего получать значительный экономический эффект в рамках обеспечения функциональной устойчивости объектов КИИ в условиях воздействия ЭМИ.

В заключении сформулированы основные результаты работы, степень достижения цели и направления дальнейших исследований.

Оценка содержания диссертации

Диссертация соискателя хорошо оформлена в соответствии с требованиями ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, обладает внутренним единством, в ней приведены все необходимые для понимания существа дела иллюстрации и таблицы и аналитические выражения. Также имеются четыре приложения. Текст не перегружен излишними промежуточными выкладками, что облегчает его чтение и свидетельствует о культуре соискателя. Автор свободно владеет современной терминологией в области методологии научных исследований, математического моделирования и численных методов. Материал изложен грамотно, лаконично, по существу, хотя имеются отдельные погрешности стилистического характера.

Обоснованность и достоверность полученных результатов достигнута за счет системности рассмотрения всех вопросов, достаточно полного учета практически проверенных исходных данных, верификации отдельных результатов в рамках известных конструкций, широко используемых в электродинамики, экранирования и функциональной устойчивости объектов и систем, и корректным применением апробированного математического аппарата.

Работа снабжена достаточно полным списком использованной литературы, отражающим хороший уровень проработки известных результатов в области исследований, имеются ссылки на работы, выполненные соискателем в соавторстве, что указывает на соответствие требованиям п. 14 «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям. Структура работы соответствует логике исследования.

По теме диссертационного исследования автор **опубликовал монографию** и **72** научные работы, **23** из которых в периодических научно-технических изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (5 статей входят в ядро РИНЦ) и **4** статьи в международной реферативной базе данных SCOPUS. Выполнено **11** научно-исследовательских работ. Получено

3 Патента на изобретения, **6** Свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ и **1** Патент на полезную модель.

Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации, качество оформления автореферата

Автореферат соответствует диссертации, достаточно полно передает её основное содержание, оформлен в соответствии с постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в ред. Постановления Правительства РФ от 01.10.2018 № 1168). Стиль представления материала в автореферате позволяет уяснить содержание работы, основные идеи, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации.

Замечания и недостатки

Наряду с положительными результатами работа не лишена некоторых недостатков, в частности:

1. Сформулированный в 5-ой главе вывод о необходимости использования интеллектуальной технологии оптимизации и стабилизации систем для оптимизации экономических затрат в рамках обеспечения функциональной устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры в условиях воздействия ЭМИ с целью максимального предотвращения ущерба требует более точной формулировки с целью определения возможных корреляционных связей с имеющимися технологиями достижения экономического эффекта при его последующем применении.

2. В диссертации средства вычислительной техники объектов КИИ рассматривается на уровне отдельных элементов и блоков, но при этом не учитываются различия в их конструктивном исполнении и способах монтажа, которые могут оказывать существенное влияние на вероятность функционального поражения элементов и блоков СВТ и возможность появления внутренних электромагнитных излучений и наводок.

3. В диссертации применяется интеллектуальная технология оптимизации и стабилизации систем, основанная на применении теории игр. Применение теории игр страдает концептуальной неполнотой. В работе не в полной мере представлены результаты, устраняющие эту особенность теории игр.

4. При рассмотрении проблемы функциональной устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры необходимо разработать и

обосновать критерий системы, в рамках которой исследуется и обеспечивается функциональная устойчивость. Однако этот вопрос не в полной мере освещён в диссертации.

5. В работе разработан целостный комплекс моделей, направленных на обеспечение функциональной устойчивости объектов критической информационной инфраструктуры. Особое самостоятельное место занимает проблема обеспечения адекватности. Однако в работе не достаточно полно отражён этот вопрос.

Отмеченные недостатки не меняют положительной оценки диссертации в целом, а позволяют выделить особенности фундаментальных аспектов математического моделирования, рассматриваемых в работе, и обозначают пути дальнейших исследований соискателя в последующей научной деятельности.

Заключение о соответствии диссертации требованиям «Положения о присуждении учёных степеней»

Диссертация Двилянского А.А. является законченной научной квалификационной работой, разработанные положения в которой позволили получить новые решения, согласованные с закономерностями развития систем управления объектами критической информационной инфраструктуры

Российской Федерации с комплексным исследованием научных и технических проблем, применяя современные технологии компьютерного и имитационного моделирования что обеспечивает выполнение требований и соответствие п. 1, 3, 4, 5, 6 паспорта научной специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

По постановке и полноте решённой научной проблемы, новизне, достоверности и обоснованности, научной и практической значимости положений, выносимых на защиту, форме их представления работа отвечает требованиям п. 9, 10, 11, 13 и 14 постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (в ред. Постановления Правительства РФ от 01.10.2018 № 1168), предъявляемым к докторским диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а автор диссертации Двилянский Алексей Аркадьевич достоин присуждения учёной степени

доктора технических наук по научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

Заместитель председателя диссертационного совета У.05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность» (технические науки)

Профессор «Высшей школы техносферной безопасности» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

(г. Санкт-Петербург)

доктор технических наук, профессор

Бурлов Вячеслав Георгиевич

«02» февраля 2022 года

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,

Телефон: +7-911-100-41-01

Адрес электронной почты: burlovvg@mail.ru