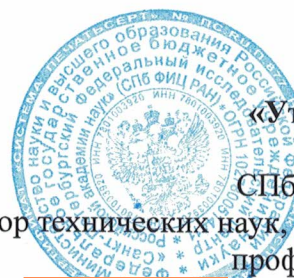


МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук»
(СПб ФИЦ РАН)**

14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178
Тел.: (812) 328-33-11, факс: (812) 328-44-50,
e-mail: info@spcras.ru, web: http://www.spcras.ru
ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411,
ИНН/КПП 7801003920/780101001



«Утверждаю»
Директор
СПб ФИЦ РАН
доктор технических наук, профессор,
профессор РАН

А. Л. Ронжин

«___» _____ 2025 г.

24.07.2025 № 60/01-01-520

На № _____ от _____

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Нарышкина Константина Викторовича «Метод оценки качества компьютерных элементов системы управления при переносе программного обеспечения на альтернативные аппаратные платформы»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

I. Актуальность темы диссертации

Цифровизация промышленных предприятий обусловливается стремительно развивающимися процессами во всех областях техники и науки. Повсеместное внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), систем автоматического управления (САУ), систем диспетчерского управления и сбора данных со временем требует модернизации путем замены части элементов. Современные сложные системы управления основаны на программно-аппаратных комплексах приема, передачи, обработки и хранения информации. Деграция аппаратной части таких комплексов, а также моральное устаревание программного обеспечения требуют постоянного обновления аппаратных и разработки программных компонент.

С одной стороны, отсутствие в стране должного уровня производства собственных

высокотехнологичных аппаратных решений (таких как высокопроизводительные процессоры, высокоскоростная память и др.), а с другой — вводимые санкции на их приобретение и поставку вынуждают создавать государственные программы импортозамещения, направленные на разработку новых и модернизацию существующих программно-аппаратных комплексов на доступных аппаратных компонентах.

Так как при модернизации сложных систем управления разработать новое программное обеспечение для всех элементов системы не представляется возможным, то используется процесс переноса уже разработанного программного кода на другие аппаратные платформы. Отсутствие эффективных математических методов и моделей усложняет процесс внедрения таких систем в производство из-за трудностей с принятием решений в условиях существенной неопределенности. При этом особенно ощущается отсутствие моделей и методов оценки качества сложных систем управления с унаследованным программным кодом, для которого отсутствуют техническая документация или исходные тексты программ.

Множество факторов, действующих на созданный программно-аппаратный комплекс путем переноса программного кода на альтернативную аппаратную платформу, предполагают различные варианты постановки задачи оценивания качества и их решения. Поэтому вопросы построения моделей и методов оценки качества вычислительных систем и их реализация в условиях переноса программного обеспечения имеют особую значимость. Для решения этих задач необходимы разработка моделей, методов и методик оценивания качества, а также последующая их реализация в виде пакета компьютерных программ.

В связи с этим тема диссертации «Метод оценки качества компьютерных элементов системы управления при переносе программного обеспечения на альтернативные аппаратные платформы» является **новой и актуальной**, а решаемые в диссертации задачи имеют как **теоретическую**, так и **практическую** значимость.

Тематика исследований диссертации непосредственно связана с Постановлением Правительства РФ от 22 августа 2022 г. N 1478 «Об утверждении требований к программному обеспечению, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, используемому органами государственной власти, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом "О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц" (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, Правил согласования закупок иностранного программного обеспечения, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов,

в целях его использования заказчиками ...» (с изменениями и дополнениями).

II. Научная новизна и основные результаты исследований

Основные положения научной новизны и теоретической значимости результатов диссертации Нарышкина К. В. отражены в следующих результатах:

1. Усовершенствована аналитическая модель качества вычислительной системы, которая в отличие от существующих учитывает аппаратно-независимые ошибки, их качество и количество в исполняемом коде.

Описание аналитической модели качества вычислительной системы представлено в разделах 2.1 и 2.2, а также проведена апробация полученных результатов в рамках НИР (Приложение А).

2. Разработана методика оценки влияния ошибки в программном обеспечении, которая в отличие от существующих использует аппарат нечеткой логики, что позволяет решить проблему отсутствия статистических данных при переносе программного обеспечения на альтернативные аппаратные платформы.

Методика оценки влияния ошибки в программном обеспечении в условиях малого объема или отсутствия статистических данных о количестве и характере встречаемых ошибок описана в разделе 3.2. Она апробирована на существующих программных ошибках встраиваемых систем в разделе 4.2 и реализована в виде программного обеспечения (Приложение Б).

3. Разработан метод оценки качества компьютерных элементов системы управления, который в отличие от существующих использует анализ исполняемого кода для того, чтобы осуществить поиск ошибок, принять решение о возможной модификации программного обеспечения и установить контроль над функциональными компонентами системы.

Метод оценки качества компьютерных элементов системы управления описан в разделе 3.3. Метод включает алгоритм поиска программных ошибок по исполняемому коду, который позволяет выявлять аппаратно-зависимые ошибки, возникающие в момент переноса программного обеспечения на альтернативные аппаратные платформы, учитывать их влияние на характеристики качества, что обеспечивает расчеты многокритериальной оценки качества с требуемым уровнем точности. Алгоритм представлен в разделе 3.1. Апробация алгоритма и метода проведена на программном обеспечении телекоммуникационного оборудования в разделе 4.2, а рекомендации по применению метода представлены в разделе 4.3.

III. Теоретическая значимость диссертационного исследования

Теоретическая значимость диссертации заключается в разработке многокритериального и полимодельного подхода к решению задачи оценивания качества программно-аппаратных комплексов в составе систем управления в условиях существенной неопределенности. При этом предложенные и обоснованные принципы, подходы, методы, модели, алгоритмы, методики и программные средства решения задач многоэтапной многокритериальной оценки качества сложных программно-аппаратных систем являются новыми.

Эффективность использования данных научных результатов в диссертации продемонстрирована на примере решения задач модернизации телекоммуникационного оборудования, которое обеспечивает связь на промышленном предприятии.

IV. Практическая ценность результатов исследований

Практическая ценность результатов диссертации состоит в том, что на основе разработанных модели, алгоритма, методики и метода учитываются параметры исполняемого кода, которые характеризуют вычислительную систему с точки зрения функциональности, надежности и производительности. Алгоритм включает построение формальных моделей необходимых участков кода с целью поиска ошибок, в том числе аппаратно-зависимых, тем самым обеспечивая методику оценки влияния найденной ошибки параметрами расчета. Расчеты многокритериальной оценки качества компьютерных элементов системы управления при переносе программного обеспечения на доступные аппаратные платформы (в условиях отсутствия технической документации, исходных кодов программного обеспечения и статистических данных) обеспечивают требуемый уровень точности оценки при модернизации систем управления.

Рекомендация применения разработанного метода и сертификат о государственной регистрации программ для ЭВМ подтверждают его практическую полезность и научную значимость. Инжиниринговые центры и предприятия промышленного сектора могут воспользоваться этим инструментом для оценивания качества своих программно-аппаратных комплексов, что позволит повысить устойчивость систем управления.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс подготовки специалистов кафедры «Интеллектуальные системы информационной безопасности» ФГБОУ «МИРЭА – Российский технологический университет».

V. Достоверность и обоснованность основных результатов исследований

Основные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертации, достаточно обоснованы и аргументированы. Сформулированная в диссертации задача была исследована и решена на основе корректного использования фундаментальных концепций, принципов и подходов, используемых в промышленности при проектировании и разработке сложных программных систем, с привлечением методов построения разносторонних математических моделей формальной верификации программ, теории надежности, теории формальной логики, теории тестирования и оценивания качества систем и программ.

Достоверность основных выводов и результатов диссертации подтверждается:

- обстоятельным сравнительным анализом достоинств и недостатков предшествующих научных разработок по исследуемой проблематике и преемственностью основных научных положений, сформулированных автором;
- корректностью предложенных математических методов, моделей, алгоритмов и апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах, докладах на НТК и НТС;
- согласованностью результатов, полученных с использованием положений, изложенных в диссертации, с данными, полученными в результате экспериментальной проверки на программно-аппаратных комплексах, которые являются элементами сложных систем управления;
- положительными результатами внедрения основных научных положений диссертации на предприятиях промышленного комплекса и в образовательных учреждениях.

VI. Общая оценка содержания диссертации, полнота опубликованных результатов и соответствие паспорту специальности

В целом содержание и структура диссертационной работы характеризуются логической целостностью и имеют последовательное и обоснованное изложение. Структура и содержание работы соответствуют поставленной цели диссертационного исследования, – «повышение точности оценки качества сложных систем управления в процессе модернизации, которая обеспечивается переносом существующего программного обеспечения на альтернативные аппаратные платформы за счет совершенствования моделей и методов оценки качества компьютерных элементов» –

которая соответствует теме диссертации. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 111 наименований. Общий объем работы составляет 158 страниц, которые содержат в себе 17 таблиц, 58 рисунков и 2 приложения.

Научные положения диссертации Нарышкина К. В. опубликованы в 15 научных трудах, в том числе: 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук; 1 свидетельство на программу; остальные публикации – в научно-технических журналах и сборниках научных трудов. Полученные автором основные результаты также обсуждались на 9 международных, всероссийских и национальных научно-технических конференциях.

Автореферат полно и правильно отражает основные положения и результаты диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки):

Пункт 3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

Пункт 11. Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества, надежности функционирования сложных систем управления и их элементов.

VII. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Проведенные в диссертации исследования необходимо продолжить в направлении расширения практических возможностей разработанных моделей и реализующих их методов, алгоритмов, программных средств в рамках следующих основных направлений.

Предложенные в диссертации модели, алгоритмическое и программное обеспечение целесообразно рекомендовать к использованию в организациях ООО «Предприятие «ЭЛТЕКС» (г. Новосибирск) и ООО «КБЮТЭК» (г. Москва), специализирующихся на разработке, производстве, технической поддержке и сервисном обслуживании доверенных программно-аппаратных комплексов информационно-телекоммуникационных сетей.

Алгоритм поиска ошибок в программных компонентах сложной системы управления на основе анализа исполняемого кода может быть востребован конкретными предприятиями (например, АО «Научно-Производственное Объединение «Эшелон», г. Москва) при аудите программного обеспечения АСУ ТП, автоматизированных систем

военного назначения, распределенных систем управления с целью выявления программных уязвимостей.

Метод оценки качества компьютерных элементов сложной системы управления может быть использован подразделениями технического контроля при разработке и модернизации программно-аппаратных комплексов в составе электронных систем для автотранспортных средств производителя ООО «Научно-производственное предприятие «ИТЭЛМА» (г. Москва) в условиях обеспечения технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры.

Подготовка и публикация методических рекомендаций по модернизации высокотехнологичных систем на предприятиях военно-промышленного комплекса, в частности импортозамещение встраиваемых цифровых систем в составе комплексов воздушно-космической обороны, разрабатываемых в АО «Концерн воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей» (г. Москва), а также систем автоматизированного управления специальной связи в АО «Концерн «Автоматика» (г. Москва).

Целесообразно использовать предложенные теоретические и методологические разработки при подготовке учебно-методических комплексов по дисциплинам «Системный анализ», «Качество информационных систем и технологий», «Проектирование информационных систем», «Надежность автоматизированных систем и средств защиты» для обеспечения учебных планов специальностей «Системный анализ и управление», «Программная инженерия», «Информационная безопасность автоматизированных систем» на факультете компьютерных технологий и информатики Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Института информационных технологий МИРЭА – Российского технологического университета, на факультете «Автоматизация и интеллектуальные технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I и др.

VIII. Замечания и недостатки диссертационной работы

1. В диссертации тема, цель и научная новизна связаны с понятием замены аппаратного обеспечения в существующих программно-аппаратных комплексах, но в тексте нет объяснения смысла замещения аппаратного обеспечения с потерей или сохранением его качества при модернизации.

2. Понятие точности оценки качества, используемое в цели диссертации, сформулировано не совсем корректно, так как должно определяться прежде всего перечнем

оцениваемых свойств объекта, правильностью измерения и/или вычисления значений характеризующих их показателей.

3. Не сформулированы ограничения по области применения результатов диссертации с точки зрения применения анализа аппаратных компонент, исполняемого кода и методов переноса программ при ограничениях со стороны аппаратуры.

4. В представленной аналитической модели качества отсутствуют описание отношений и операций, а также их носители, которые должны задавать формальный язык предметной области. Теоретико-множественная модель языка предметной области представляется не как множество, а как кортеж множеств, раскрываемых через индивидуальные переменные.

5. Нет четкого описания по применению результатов диссертационного исследований, а именно: какой комплекс мероприятий может использоваться на уровне руководства промышленного предприятия для планирования модернизации сложных систем управления, а какой – на уровне локального применения для прогнозирования трудоемкости переноса программы на другое аппаратное обеспечение с учетом необходимости обратного проектирования.

IX. Заключение

В целом диссертация Нарышкина Константина Викторовича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные разработки, вносящие значительный вклад в решение задач оценивания и прогнозирования качества сложных технических систем и их элементов. Эффективное оценивание компьютерных элементов сложной системы управления осуществляется созданным математическим, алгоритмическим и программным обеспечением.

В диссертационной работе Нарышкина К. В. представлено успешное решение грамотно поставленной и формализованной задачи оценивания качества программно-аппаратного комплекса в условиях переноса программного обеспечения на другие аппаратные платформы, предложены варианты оценивания с учетом базовых характеристик качества (функциональная пригодность, надежность и производительность).

Заключение антиплагиата позволяет сделать вывод о том, что работа выполнена автором самостоятельно и на высоком научном уровне. Содержание диссертации и автореферата соответствует решению поставленной цели. Работа написана четким лаконичным языком, грамотно, стиль изложения доказательный. Диссертация содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, примеры,

подробные расчеты. По каждой главе и работе в целом имеются выводы. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Замечания не влияют на положительный отзыв о диссертационной работе в целом, носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в дальнейших публикациях по теме исследования.

Таким образом, диссертационная работа Нарышкина К. В. «Метод оценки качества компьютерных элементов системы управления при переносе программного обеспечения на альтернативные аппаратные платформы» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством доктора технических наук Новикова В. А.; содержащей новое решение актуальной научной задачи по созданию научно-методического аппарата, повышающего точность оценки качества элементов сложной системы управления в процессе модернизации аппаратного и программного обеспечения; имеющей существенное значение для специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Работа соответствует требованиям п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. N 842 (с изменениями в ред. Постановления Правительства РФ от 01.10.2018 N 1168), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Нарышкин Константин Викторович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Диссертационная работа и отзыв обсуждены на совместном расширенном заседании Лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании (ЛИТСАМ) СПб ФИЦ РАН, протокол № 5 от «22» июля 2025 г.

Руководитель лаборатории – главный научный сотрудник
ЛИТСАМ СПб ФИЦ РАН
Заслуженный деятель науки РФ,
д. т. н., профессор



Б. В. Соколов

Главный научный сотрудник
ЛИТСАМ СПб ФИЦ РАН
д.т.н., профессор



В.А. Зеленцов