

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.226.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 19 сентября 2022 г., № 6

О присуждении **Шпотя Денису Александровичу**, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Системный подход к разработке методического инструментария проектирования технических объектов с помощью модельно-ориентированного системного инжиниринга» по специальности 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования (в отраслях информатики, вычислительной техники и в промышленности)» принята к защите 16 июня 2022 г., (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 002.226.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, приказ ВАК о создании диссертационного совета № 1318-в от 29.12.2000 г.).

Соискатель Шпотя Денис Александрович, 1989 года рождения, закончил магистратуру (2016г.) факультета аэрофизики и космических исследований Московского физико-технического института (МФТИ) и аспирантуру (2020г.) МФТИ. В настоящее время работает в акционерном обществе «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» на должности ведущего инженера-исследователя.

Диссертация выполнена на кафедре систем, устройств и методов геокосмической физики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Романов Алексей Александрович**. Основное место работы – АО «ЦНИИмаш», советник генерального директора.

Официальные оппоненты:

Чистякова Тамара Балабековна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и управления»,

Скобелев Петр Олегович, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Самарский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, главный научный сотрудник, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий» в своем положительном отзыве, подписанном директором Центра системного проектирования, PhD, **Ивановым А.Б.**, и утвержденным проректором по учебной работе автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», PhD, **Фортиным К.**, указала, что показанный методический инструментарий МОСИ является научной основой для реализации и развития видов (лингвистического, методического, информационного и программного) обеспечения CALS-технологий. А именно:

- Способ автоматизации разработки SysML-диаграмм требований и обновления в них информации позволяет значительно сократить трудозатраты на указанные процессы проектирования, а также минимизировать затраты ресурсов на ПО для SysML.

- Разработанный комплекс алгоритмов генерирования данных для этапов конкретизированной модели «СФК» обеспечивает снижение затрат времени на реализацию этапов ЖЦ проектирования ТО за счет, к примеру, разработки и использования SysML-моделей требований. Верификация и валидация разработанных SysML-моделей показала, что их использование позволяет сокращать трудозатраты на экспертизу готовности результатов ОКР, а также сроки планирования этапов ЖЦ изделий-аналогов; снижать стоимость проекта за счет минимизации рисков несоответствия качества результатов этапов ЖЦ исходным требованиям.

Диссертационное исследование содержит новые решения и разработки, имеющие научное значение и важную практическую значимость. За счет преодоления недостатков рассмотренных в работе инструментов модельно-ориентированного системного инжиниринга («ДК», «СФК», SysML) и за счет синтеза этих инструментов получен новый методический инструментарий, позволяющий широкой аудитории пользователей эффективно изучать МОСИ и использовать его при проектировании технических объектов. Также полученные результаты вносят вклад в совершенствование лингвистического и методического видов обеспечения CALS-технологий, актуализируют потребность и создают основу для разработки новых информационных и программных видов обеспечения CALS-технологий, тем самым развивают теорию САПР в данной области.

Диссертационная работа Шпотя Дениса Александровича является законченной научно-квалификационной работой, по объему и содержанию отвечает всем требованиям, изложенным в постановлении ВАК «О присуждении ученых степеней» (в текущей редакции), а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (в отраслях информатики, вычислительной техники и в промышленности).

Заключение ведущей организации имеет следующие замечания:

1. В работе не представлен сравнительный анализ методов и результатов их использования для количественной приоритизации параметров иными методами, кроме как «Дом качества».

2. В четвертой главе, выраженный в математических терминах, физический смысл модели «усовершенствованное СФК» содержит опечатки: у каждого вида выходных параметров пропущен верхний индекс, указывающий на то, что значения этих параметров должны быть нормализованы.

3. В пятой главе, в рамках верификации и валидации результатов диссертационного исследования, показываются эффективность и преимущества разработки и использования только SysML-моделей требований нормативно-технической документации и только в рамках экспертиз этапов опытно-конструкторских работ (ОКР). Разработка SysML-моделей, которые отражают поведение и аппаратную или программную архитектуру системы (технического объекта) и их синхронизация с целевыми САПР может быть логическим предметом дальнейших исследований.

4. В приложениях диссертации следовало бы представить программный код макросов, разработанных для автоматизации операций, связанных с разработанными шаблонами моделей «усовершенствованный ДК» и SysML-диаграммами.

5. В диссертационной работе часто используются сокращения, что при первом прочтении препятствует легкому восприятию материала.

Высказанные замечания не влияют на положительную оценку проделанной соискателем работы и не умаляют значимость проделанной работы.

Соискатель по теме диссертации имеет 13 опубликованных работ, из них: 5 статей (3 в журналах по Перечню ВАК РФ, 2 в рецензируемом научном издании); 8 работ в сборниках конференций (из них 1 индексируется Scopus). Получено 1 свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Работа докладывалась на крупных международных и всероссийских научных конференциях. Постановка задач исследования осуществлялась совместно с научным руководителем. Все результаты, составляющие содержание диссертационной работы, получены автором лично.

Наиболее значимые публикации из числа рецензируемых изданий:

- Shpotya D., Romanov A. Software and Methodological Toolkit for the Design and Development of Technical Devices in the Model-Based Systems Engineering Paradigm // Proceedings of the VIII International Conference Engineering and Telecommunication (En&T). 2021. Pp. 1–5. doi: 10.1109/EnT50460.2021.9681800. Scopus ID 176621.
- Романов А.А., Шпотя Д.А. Преодоление недостатков программно-методического инструментария модельно-ориентированного системного инжиниринга, используемого при проектировании систем // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 22. № 6. С. 92–103.
- Романов А.А., Шпотя Д.А. Инженерная методика идентификации потребностей пользователей и определения требований заказчика как основа разработки изделий космической техники // ТРУДЫ МФТИ. 2020. Том 12, № 1. С. 154–167.

- Романов А.А., Завьялова Н.А., Шпотя Д.А. Интегрированная модель сложной технической системы // Цифровая трансформация космического приборостроения / Под редакцией А.А. Романова, А.А. Романова, Ю.М. Урличича. Королёв: АО «ЦНИИмаш», 2020. С. 104–133.
- Романов А.А., Шпотя Д.А. Методика определения важнейших инженерных характеристик изделия как основа идентификации критических технологий // ТРУДЫ МФТИ. 2016. Том 8, № 4. С. 155–168.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы, все отзывы положительные.

Отзывы с замечаниями:

1. Отзыв на автореферат д.т.н., профессора **Басырова А.Г.**, начальника кафедры Информационно-вычислительных систем и сетей ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, содержит следующие замечания:

- В автореферате не представлена математическая постановка задачи исследования, что затрудняет понимание существа работы.
- Не раскрыта научная новизна способа автоматизации разработки SysML-диаграмм требований и обновления в них информации, так как заявленное отличие этого способа в «низких трудозатратах на проектирование» характеризует его практическую значимость.
- Утверждение автора о том, что «полученные результаты позволяют повысить соответствие отчетных документов требованиям НТД на 5-10%, сократить трудозатраты на планирование проектов-аналогов примерно на 60%» требует большего обоснования.

2. Отзыв на автореферат к.т.н., доцента **Боровкова А.И.**, проректора по цифровой трансформации ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», руководителя Центра Национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии», содержит следующие замечания:

- Следует отметить, что в работе проведена проверка полученных решений и разработок МОСИ, среди которых особый интерес вызывают демонстрация реализации алгоритма разработки интегрированной модели спутниковой аппаратуры с точки зрения требований нормативно-технической документации к проектированию аппаратуры и непосредственно валидация самой модели требований. В работе указано, что валидация проводилась неавтоматизированно, в связи с этим, в продолжении исследования целесообразно разработать и реализовать алгоритм автоматизации валидации интегрированной модели требований с системами управления требованиями к проекту.
- Несмотря на то, что результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы и представлены на нескольких крупных международных конференциях, полученные результаты стоило бы представить на большем количестве научных мероприятий, посвященных именно цифровым двойникам изделий и CALS-технологиям.

3. Отзыв на автореферат д.т.н., профессора **Белоконова И.В.**, заведующего межвузовской кафедрой космических исследований ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», содержит следующие замечания:

- Важной частью автореферата является иллюстрация эффективности разработанного инструментария на примере конкретной задачи. К сожалению, автору не удалось наглядно представить эффект от использования его инструментария применительно к проектированию КА, имеющего крупногабаритную светоотражающую конструкцию (например, оценить сокращение времени на проектирование).

- Текст автореферата насыщен большим количеством аббревиатур и сокращений, что затрудняет его чтение и понимание основных положений работы не узкими специалистами.

4. Отзыв на автореферат д.ф.-м.н., профессора **Петренко А.К.**, заведующего отделом в ФГБУН Институте системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук, содержит следующие замечания:

- текст автореферата содержит слишком много сокращений и аббревиатур;
- в качестве инструментальной платформы для реализации средств поддержки процессов жизненного цикла использованы импортные программные продукты, что может вызвать вопросы в контексте обеспечения технологической независимости. Вероятно, имело бы смысл рассмотреть отечественные или открытые программные технологии, которые могут решить те же задачи.

5. Отзыв на автореферат к.т.н., доцента кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» **Соловьёва С.В.**, содержит следующее замечание:

- В качестве замечаний по автореферату следует отметить, что не нашел отражения вопрос численного сравнения предложенных инструментариев с известными подходами и методологиями управления проектами и модельно-ориентированных системного инжиниринга. Численное сравнение позволило бы обосновать преимущества изложенного в работе подхода.

6. Отзыв на автореферат к.т.н. **Данилкина А.П.**, главного специалиста – учёного секретаря научно-технического совета (НТС) АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» («ЦНИИмаш») и **Мухаметдинова Г.Ю.**, главного специалиста – учёного секретаря НТС АО «ЦНИИмаш», содержит следующие замечания:

- Практическое совпадение цели диссертации с названием работы, хотя и, по сравнению с названием, цель несколько конкретизирована. В подобных случаях цель работы формально будет достигнута безусловно.

Корректнее было бы сформулировать цель, поставив на первое место «снижение временных и финансовых затрат в процессе проектирования сложных технических систем...». При этом требование «неухудшения качества» – дискуссионно. В заключении работы необходимо доказать не только факт сниже-

ния временных и финансовых затрат, но и неухудшение качества (по тексту работы часто возникает вопрос: «качества чего?»). При этом в работе необходимо было бы уточнить собственно объект оценки качества (процесс проектирования или продукция?), а также определить (систематизировать) критерии и показатели качества и методы его оценки.

- Необходимо внимательнее относиться к употреблению термина «проблема» (с. 9 автореферата) применительно, по сути, к задаче исследований. Проблему допустимо ставить только в докторской диссертации.

- В контексте представленной диссертации было бы корректнее говорить не о «техническом объекте», а о сложной технической системе. Техническим объектом может быть аппаратное средство, включающее в себя программное обеспечение, персонал или их комбинации. Однако при этом сложность, как один из основных аспектов проектирования, позволяющий реализовать преимущества МОСИ, отодвигается на второй план.

- В диссертации отсутствует общая постановка задачи и методическая схема ее решения. Перечисление задач, решение которых требуется для достижения поставленной цели, должно логически вытекать из общей постановки задачи исследований. При общей постановке задачи обычно определяют также допущения, ограничивающие область применения полученных в ходе исследования результатов.

- Использование зарубежного программного обеспечения (MS Visio и Excel) может привести к сложностям при внедрении результатов диссертации в организациях и на предприятиях Российской Федерации.

7. Получен положительный отзыв на автореферат д-р воен. наук, к.т.н., доцента **Кругликова С.В.**, генерального директора государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси». Отзыв не содержит замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается профилем их научной деятельности и профессиональных интересов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан** методический инструментарий проектирования технических объектов широкого класса с помощью модельно-ориентированного системного инжиниринга (МОСИ), позволяющий единообразно получать, качественно и количественно анализировать, моделировать потребности пользователей и требования различных этапов жизненного цикла (ЖЦ) проектирования;

- **создан** комплекс алгоритмов для автоматизации разработки SysML-диаграмм (от англ. Systems Modelling Language) требований и обновления в них информации, который позволяет снижать трудозатраты на указанные процессы проектирования;

- **модифицирована** известная модель ЖЦ «Структурирование функции качества» («СФК»). Усовершенствованная модель позволяет реализовывать проектирование технических объектов **в соответствии с** потребностями пользова-

телей, требованиями к функционалу, к архитектурам программной и аппаратной частей изделия (языком SysML) и требованиями нормативно-технической документации;

- **разработан** алгоритм согласованной экспертной приоритизации выходных параметров (требований) в модели «Дом качества» («ДК»), в котором учитываются количественные оценки корреляций выходных параметров, получаемые с помощью математического аппарата метода анализа иерархий;

- **разработаны** шаблоны моделей «усовершенствованный Дом качества», сокращающие трудозатраты на их построение на 20% (экспертная оценка);

- **выполнены верификация и валидация** решений и разработок на примерах проектирования малоразмерного космического аппарата и в учебном процессе МФТИ (НИУ);

- **разработан** алгоритм создания информационно-справочной системы (ИСС) для поддержки реализации проектных работ (требований) этапов ЖЦ. Алгоритм и ИСС позволили провести дополнительную верификацию и валидацию разработанного методического инструментария в ОКР.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **развита** теория систем автоматизации проектирования (САПР) в области методического и лингвистического обеспечения CALS-технологий (от англ. Continuous Acquisition and Lifecycle Support) в задачах исследования и разработки подходов, методов и средств для получения, анализа и моделирования требований различных аспектов (этапов) ЖЦ проектирования, а также реализации сквозного ЖЦ;

- **создано** методическое и лингвистическое обеспечение, являющееся основой развития и разработки информационного и программного обеспечения CALS-технологий для создания интегрированных между собой цифровых комплексов на основе информационных моделей, обеспечивающих принципиально новое взаимодействие проектировщик – система;

- **разработаны** алгоритмы, обеспечивающие для потенциальных пользователей из машиностроительной промышленности возможность самостоятельно изучать и использовать предложенный методический инструментарий МОСИ (виды обеспечения CALS-технологий) для повышения качества итоговых результатов этапов ЖЦ проектирования без увеличения сроков и стоимости проектирования.

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

создан методический инструментарий МОСИ и **внедрен** в ОКР «Разработка и изготовление высокоскоростной радиопередающей линии для российско-белорусского космического аппарата», шифр составной части ОКР «ВРЛ-РБ» на этапе «Эскизный проект»; в учебный процесс МФТИ (НИУ) для обучения проектированию спутниковой аппаратуры и технических объектов (акты о внедрении результатов работы получены от АО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» и от МФТИ (НИУ));

разработан алгоритм создания информационно-справочной системы в парадигме МОСИ для поддержки выполнения работ по проектированию и разработке технических объектов (спутниковой аппаратуры) с использованием предложенного методического инструментария;

представлены методические рекомендации эффективного применения разработанного инструментария МОСИ для сокращения трудоемкости экспертиз и повышения точности итоговых результатов этапов ЖЦ, для сокращения сроков планирования систем-аналогов, что в целом позволяет сокращать сроки реализации этапов ЖЦ;

показано, что полученные решения и разработки диссертационного исследования позволяют сокращать трудозатраты на проектирование с использованием методического инструментария МОСИ (языков SysML и «ДК»).

Результаты диссертационного исследования являются научной основой для создания моделей систем и их использования для построения интегрированных комплексов информационных средств для разработок и для управления цифровыми двойниками изделий и этапами ЖЦ проектирования изделий.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **теория и методы**, лежащие в основе разработанного методического инструментария МОСИ, основываются на анализе и синтезе классических инструментов системного инжиниринга и усовершенствованных инструментов МОСИ, программных средств вычислительной техники, и согласуются с данными публикаций по тематике диссертации;

- **идеи предлагаемых методов и алгоритмов** базируются на корректно применённых апробированных в научной практике инструментах системного инжиниринга и МОСИ;

- **показана** реализуемость и целесообразность использования всех предложенных методов и алгоритмов с помощью их верификации и валидации такими методами как анализ, инспекция, демонстрация и тест с частичным использованием математического моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном получении всех основных результатов диссертационного исследования, а именно:

- разработке алгоритма приоритизации выходных параметров в модели «Дом качества»;

- создании способа автоматизации разработки SysML-диаграмм требований и обновления в них информации;

- конкретизации каскадной модели «СФК»;

- разработке унифицированного комплекса алгоритмов генерирования входных и выходных данных (параметров) этапов конкретизированной каскадной модели «СФК»;

- подготовке публикаций по теме исследования;

- апробации результатов научного исследования в докладах на научных конференциях;

- проведении верификации и валидации результатов исследования, вычислений и анализа результатов, разработке алгоритма создания и реализации концепции интегрированной модели системы (CALS-технологии) с точки зрения управления требованиями с помощью полученных результатов диссертационного исследования;

- внедрении результатов исследования в ОКР в АО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» и в учебный процесс МФТИ (НИУ).

Личное авторство всех результатов, выносимых на защиту, подтверждается публикациями статей в рецензируемых журналах и докладами на всероссийских и международных конференциях.

На заседании 19 сентября 2022 г. диссертационный совет постановил за решение научных задач, имеющих значение для развития теории и практики методического, лингвистического, информационного и программного видов обеспечения CALS-технологий, присудить Шпотя Д.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 4 доктора наук по специальности 05.13.12, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 13, против – 5.

Зам. директора по научной работе,
д.т.н.

Председатель диссертационного
совета Д 002.226.02, д.ф.-м.н.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 002.226.02, к.ф.-м.н.

19 сентября 2022 года



Краснова С.А.

Губко М.В.

Мусатова Е.Г.