

Автономная некоммерческая образовательная
организация высшего образования
«Сколковский институт науки и технологий»
121205, город Москва,
территория инновационного центра
«Сколково», Большой бульвар, дом 30,
строение 1
ОГРН 1115000005922
ИНН/КПП 5032998454/773101001
Тел.: +7 (495) 280-14-81

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

К. Фортин



18.08.2022 № _____ /OUT-2022

На № 46-80/1605 от 07.07.2022 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертационную работу Шпотя Дениса Александровича «Системный подход к разработке методического инструментария проектирования технических объектов с помощью модельно-ориентированного системного инжиниринга», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (в отраслях информатики, вычислительной техники и в промышленности).

1. Актуальность темы исследования

Современные технические системы постоянно усложняются, как следствие – увеличивается объем требований. В условиях документно-ориентированного подхода к реализации отдельных этапов жизненного цикла изделий (ЖЦИ, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ) постоянно увеличивается объем отчетной документации. Также этапы ЖЦИ, как правило, выполняются разными коллективами. Все это может приводить к неточному пониманию участниками работ «Что» и «Как» необходимо выполнять на этапах ЖЦИ и в результате не все требования выполняются. Невыполнение всех требований обычно приводит к большим штрафным санкциям (финансовым издержкам). Соответственно, увеличиваются стоимость и сроки проектирования. Для решения этих проблем необходимо осуществить переход от проектирования и разработки систем с помощью документно-ориентированного подхода и посредством реализации отдельных этапов ЖЦИ к реализации единого проекта в новой парадигме модельно-ориентированного системного инжиниринга (МОСИ), реализуемого с помощью CALS-технологий. К примеру, существующее в России программное обеспечение (ПО) МОСИ, основанное на SysML, крайне дорогое для массового потребителя и такое ПО иностранного производства, что накладывает существенные ограничения на изучение, внедрение, устойчивое использование и самостоятельное дальнейшее развитие.

Диссертация Шпотя Д.А. посвящена разработке методического инструментария проектирования технических объектов с помощью МОСИ и его практической реализации с помощью программных средств доступных широкой аудитории пользователей. Результатами работы являются: алгоритм приоритизации выходных параметров в модели «Дом качества» («ДК»); способ автоматизации разработки SysML-диаграмм требований и обновления в них информации; конкретизированная каскадная модель «Структурирование функции качества» («СФК»); унифицированный комплекс алгоритмов генерирования входных и выходных данных (параметров) этапов конкретизированной каскадной модели «СФК»; электронные шаблоны моделей «ДК»; верификация и валидация полученных решений и разработок как единый методический инструментарий МОСИ на примере

проектирования аппаратно-программных технических объектов. Такой методический инструментарий МОСИ, реализованный с помощью ПО доступного широкой аудитории потенциальных пользователей, без увеличения общей стоимости научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) позволит значительно точнее планировать этапы ЖЦИ, максимизировать вероятность соответствия результатов этапов ЖЦИ исходным требованиям нормативно-технической документации (НТД) и сокращать время на экспертизу соответствия итоговых результатов этапов НИОКР исходным требованиям. Тем самым это обеспечивает сокращение сроков и стоимости реализации этапов ЖЦИ или проектов. Это важное преимущество будет способствовать достижению среди научно-технического и управленческого сообщества необходимой точки бифуркации в понимании важности перехода к проектированию и разработке систем как единого проекта с помощью методического инструментария новой парадигмы МОСИ и тем самым формировать запрос на отечественные исследования и спрос на разработки в этой области, а также в области различных видов обеспечения CALS-технологий – новых систем взаимодействия проектировщик – система.

Результаты использовались при выполнении составной части (СЧ) ОКР «Разработка и изготовление высокоскоростной радиопередающей линии для российско-белорусского космического аппарата», шифр СЧ ОКР «ВРЛ-РБ» на этапе «Эскизный проект»; в учебно-образовательном процессе двух кафедр МФТИ (НИУ). Получены соответствующие акты о внедрении результатов диссертационной работы от АО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» и от МФТИ (НИУ), подтверждающие практическую значимость результатов.

2. Оценка структуры и содержания

Диссертация состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения, списков сокращений и публикаций, восьми приложений. Работа изложена на 160 страницах, содержит 23 таблицы и 60 рисунков. Библиография включает 150 источников.

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования. Сформулированы цель и задачи исследования. Показаны объект, предмет, научная новизна, достоверность, теоретическая и практическая значимость. Представлены сведения о методах и инструментах исследования, положениях, выносимых на защиту, достоверности и апробации результатов, публикациях и структуре диссертационной работы.

В первой главе представлен анализ источников литературы и выявлены недостатки методического инструментария МОСИ, сформулированы производные от недостатков проблемы. Определено доступное широкой аудитории пользователей ПО для использования SysML, методики «СФК» и ее метода «ДК».

Во второй главе показаны новые подходы к качественному и количественному анализу данных в модели «ДК». Предложен алгоритм приоритизации выходных параметров в модели «ДК» для их согласованной приоритизации. Новый алгоритм основан на синтезе классического алгоритма приоритизации выходных параметров в модели «ДК» с их количественными оценками корреляций, получаемых с помощью метода анализа иерархий (МАИ).

В третьей главе предложен способ автоматизации разработки SysML-диаграмм, состоящий из 4 алгоритмов для: 1) создания в MS Excel базы данных (БД) и ее подключения к MS Visio; 2) создания в MS Visio шаблонов SysML-фигур требований; 3) автоматизированного преобразования текстовых требований из баз данных в SysML-фигуры, заполненные требованиями, и 4) автоматизированного обновления данных в SysML-диаграммах (фигурах).

В четвертой главе представлена конкретизированная модель «СФК» и алгоритмы генерирования входных и выходных данных для ее этапов. В рамках разработки конкретизированной модели «СФК» классическая модель «СФК» была дополнена новой моделью (этапом) «ДК» для формулировки требований заказчика в соответствии с потребностями пользователей, а классические этапы модели «СФК» (с первого по

четвертый) были конкретизированы в соответствии с подходом SysML и требованиями НТД. Для генерирования данных этапов конкретизированной модели «СФК» (потребностей пользователей, требований заказчика, инженерных требований, требований НТД) были разработаны алгоритмы, основанные на синтезе методов, языков и инструментов системного инжиниринга (СИ) и МОСИ. Описание каждого из пяти алгоритмов содержит: 1) формулировку физического смысла и формализацию ключевых процессов алгоритма; 2) рекомендуемую обобщенную структуру шаблона модели «ДК»; 3) рамочный алгоритм и порядок действий его реализации.

В пятой главе, продемонстрированы верификация и валидация (ВиВ) решений и разработок диссертационного исследования, и их синтез в единый методический инструментарий. В рамках генерирования потребностей пользователей, требований заказчика, инженерных требований к малоразмерному космическому аппарату (МКА) проведены ВиВ комплекса алгоритмов генерирования входных и выходных данных для этапов конкретизированной модели «СФК». Показано, что предложенные алгоритмы способны выполнять поставленные перед ними требования.

ВиВ нового алгоритма приоритизации выходных параметров в модели «ДК», а также ВиВ разработанных электронных шаблонов модели «ДК» проведены на примере приоритизации требований к МКА с помощью классического алгоритма «ДК» и нового алгоритма «усовершенствованный ДК». Сравнение результатов показало, что новый алгоритм позволяет получить иной согласованный результат приоритизации, чем алгоритм «ДК».

ВиВ способа автоматизации разработки SysML-диаграмм требований и обновления в них информации показаны на примере моделирования требований к МКА. Эффективность способа продемонстрирована в ходе сравнительного анализа затрат времени на операции по разработке SysML-диаграмм, который показал, что новый автоматизированный способ позволяет сокращать трудозатраты на разработку SysML-диаграмм и последующее обновление в них информации с нескольких дней до нескольких часов и минут.

ВиВ синтеза всех основных решений и разработок диссертационного исследования в единый методический инструментарий продемонстрирована на примере объединения разработанных моделей «ДК» с соответствующими им SysML-диаграммами требований в единое рабочее пространство, реализованное с помощью широкодоступного ПО.

Дополнительные действия по ВиВ решений и разработок диссертационного исследования продемонстрированы на примере реализации на их основе интегрированной модели системы (ИМС). В результате представлены: алгоритм создания ИМС, результат его реализации, преимущества, и перспективы развития полученных результатов.

В заключении кратко излагаются полученные результаты, выводы и перспективы.

В приложениях представлены: конкретизированная модель «СФК», расчеты, примеры синтеза моделей «ДК»/«уДК» с SysML-моделями требований, акты о внедрении и свидетельство о регистрации программы для электронно-вычислительной машины (ЭВМ).

Диссертационная работа имеет четкую структуру, каждая из ее частей логически взаимосвязана, содержание и представленные в нем новые решения и разработки соответствуют цели и задачам исследования, а также научной специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (в отраслях информатики, вычислительной техники и в промышленности).

3. Новизна научных результатов диссертационного исследования

Решения и разработки диссертации предложены впервые и обладают элементами научной новизны, позволяющие в совокупности достичь цель исследования. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (в отраслях информатики, вычислительной техники и в промышленности), поскольку указанные далее результаты и их дальнейшее практическое использование относятся к видам обеспечения CALS-технологий (лингвистическому,

методическому, информационному, программному), которые, в свою очередь, являются важным современным направлением в теории САПР.

- Разработан алгоритм приоритизации выходных параметров в модели «ДК», отличающийся усовершенствованием существующего метода «ДК» за счет применения МАИ.
- Создан способ автоматизации разработки SysML-диаграмм требований, позволяющий с помощью ПО доступного широкой аудитории пользователей разрабатывать и обновлять SysML-диаграммы требований за несколько часов и минут вместо нескольких недель и дней.
- Разработана конкретизированная модель «СФК», отличающаяся от классической четырехэтапной модели «СФК» дополнительным пятым этапом, конкретизацией назначений этапов под проектирование и разработку технических объектов (ТО) в соответствии с потребностями пользователей, языком SysML и требованиями НТД.
- Разработан унифицированный комплекс алгоритмов генерирования данных этапов конкретизированной модели «СФК», отличающихся синтезом инструментов СИ, инструментов МОСИ («СФК», «ДК» и SysML), ПО доступного многим пользователям.

4. Степень достоверности результатов диссертационного исследования

В исследовании проанализирован и обобщен передовой опыт в области современных методов и языков МОСИ. Предложенные решения, соответствующие цели и задачам диссертационного исследования, позволяют совершенствовать сроки проектирования и повышать эффективность создания и итоговое качество технических объектов. Достоверность обеспечивается ВиВ, проводимых в рамках различных аспектов проектирования спутниковой аппаратуры и информационной системы, экспертиз опытно-конструкторских работ (ОКР), в ходе которых были подтверждены требования, предъявляемые к полученным научным результатам. Работа докладывалась на крупных международных и всероссийских научных конференциях.

5. Полнота опубликованных результатов.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 13 работах. 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.

6. Теоретическое значение научных результатов, полученных автором

- Разработанный алгоритм приоритизации выходных параметров в модели «ДК» позволяет по сравнению с классическим алгоритмом метода «ДК» количественно и согласованно учесть экспертные оценки корреляций выходных параметров и получить иной ранг приоритизации выходных параметров.
- Созданный способ автоматизации разработки SysML-диаграмм требований позволяет в рамках лингвистического обеспечения CALS потенциальным пользователям изучать и эффективно использовать язык SysML, и тем самым ускорить внедрение и создание ИМС, которые, в свою очередь, являются основой разработки цифровых двойников и их управления.
- Конкретизированная модель «СФК» позволяет разрабатывать ТО в соответствии с потребностями пользователей, требованиями к функционалу, архитектурам программной и аппаратной частей изделия (подходом SysML) и требованиями НТД.
- Разработанный унифицированный комплекс алгоритмов генерирования данных этапов конкретизированной модели «СФК» позволяет с помощью инструментария классического системного инжиниринга и МОСИ (лингвистического и методического обеспечения CALS) единообразно получать, обрабатывать, анализировать, моделировать, а

также приоритизировать параметры разных аспектов проектирования ТО широкого класса, реализовать разрозненные этапы ЖЦ проектирования как единый проект.

7. Практическое значение научных результатов, полученных автором

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. ВиВ разработанных SysML-моделей показала, что их использование позволяют 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.

8. Свидетельство о личном вкладе автора в науку

Постановка задач исследования осуществлялась совместно с научным руководителем. Все результаты, составляющие содержание диссертационной работы, получены автором лично

9. Рекомендации по дальнейшему использованию полученных результатов

Разработанный методический инструментарий целесообразно использовать при проектировании широкого класса ТО в парадигме МОСИ и при реализации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Он предоставляет для широкой аудитории пользователей научно-методическую и практическую основы для изучения лингвистического и методического обеспечения CALS-технологий, создает основу для разработки информационного и программного обеспечения CALS-технологий – принципиально новых программных средств взаимодействия проектировщик – система, основанных на интеграции используемых при проектировании и разработке программ и САПР в единый комплекс для автоматизации учета изменений, анализа, синтеза, управления проектными работами и документирования.

10. Автореферат полно и верно отражает содержание работы.

11. 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 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 первичном прочтении препятствует легкому восприятию материала.

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

12. Заключение

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).

Отзыв на диссертацию обсужден и одобрен на заседании **Центра системного проектирования** Сколковского института науки и технологий «17» августа 2022 г., протокол № 17-8-2022.

Отзыв составлен:

Директор Центра системного проектирования
Сколковский Институт Науки и Технологий
PhD.

« 18 » августа 2022 г.

Иванов Антон Борисович

Подпись Иванова А.Б. подтверждаю.
руководитель отдела
кадрового администрирования

