

Отзыв официального оппонента

доктора технических наук, доцента Скобелева Петра Олеговича на диссертацию 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)»

Актуальность темы исследования

Сегодня эффективность функционирования современных приборостроительных и машиностроительных производств в значительной степени зависит от автоматизации всех этапов жизненного цикла (ЖЦ) высокотехнологичных изделий (ВТИ), от интеграции этих этапов в единый проект «цифровых двойников» (ЦД) каждого экземпляра ВТИ на основе единой базы знаний и в рамках цифровой экосистемы взаимодействующих между собой сервисов. Подход и инструментарий модельно-ориентированного системного инжиниринга (МОСИ) развивается для создания основы проектирования такого рода цифровых экосистем ЖЦ ВТИ, ЦД ВТИ и создающих ВТИ предприятий. Применение, к примеру, такого инструмента МОСИ как языка SysML призвано обеспечить создание основы для разработки и управления цифровым двойником каждого изделия. Такая основа позволяет интегрировать всю совокупность знаний о создаваемом изделии, хранящихся в соответствующем наборе программных средств и текстовых документах. Подход и инструментарий МОСИ позволяет перейти от разрозненных этапов ЖЦ к реализации единого и сквозного проекта. В теории систем автоматизации проектирования (САПР) методический инструментарий МОСИ и их программная реализация относятся к различным видам обеспечения CALS-технологий (русский аналог - информационная поддержка ЖЦ изделий).

Существующее программное обеспечение (ПО), позволяющее использовать язык SysML, - малодоступное (дорогое), сложное и ограниченное в персонализированной настройке для широкой аудитории потенциальных пользователей. Отечественного ПО для использования языка SysML нет. Эти проблемы приводят к тому, что данное научное направление в стране практически не развивается, а создание технических изделий продолжает происходить в рамках текущего документно-ориентированного подхода, сопряженного с множеством рисков и низкой эффективностью. В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Шпотя Дениса Александровича, направленная на разработку методического инструментария МОСИ для проектирования технических объектов (ТО), который позволяет широкой аудитории пользователей без увеличения стоимости и сроков проектирования повышать эффективность реализации этапов ЖЦ и качество получаемых результатов (в рамках текущего документно-ориентированного подхода), является крайне актуальной. Результаты диссертационной работы представляют несомненную научную и практическую ценность для развития и массового внедрения методического, лингвистического, информационного, программного и иных видов обеспечения CALS-технологий, что имеет важное значение в ускорении цифровизации промышленности РФ.

Научная новизна полученных результатов

В ходе решения поставленных задач Шпотя Д.А. получил новые научные результаты, а именно:

1. Разработан алгоритм приоритизации выходных параметров (требований) в модели «Дом качества», *отличающийся* усовершенствованием уже существующего алгоритма метода «Дом качества» за счет применения математического аппарата метода анализа иерархий, *позволяющий* количественно и согласованно учесть оценки корреляций выходных параметров и получить иной ранг их приоритизации по сравнению с классическим алгоритмом метода «Дом качества» («ДК»).

2. Создан способ автоматизации разработки SysML-диаграмм требований и обновления в них информации, *отличающийся* низкими трудозатратами на эти процессы проектирования – несколько часов и минут вместо нескольких дней, *позволяющий* обеспечить в рамках лингвистического обеспечения CALS массовое использование нового языка SysML для обмена информацией об изделиях и процессах на этапах ЖЦ.

3. Разработана конкретизированная модель «Структурирование функции качества», *позволяющая* организовать проектирование технических объектов в соответствии с потребностями пользователей, подходом SysML (требованиями к функционалу, архитектурам программной и аппаратной частей изделия) и требованиями нормативно-технической документации, *отличающаяся* от классической модели «Структурирование функции качества» («СФК») дополнительным этапом, конкретизацией назначений этапов и формализованным описанием перехода между этапами (аспектами) проектирования.

4. Создан унифицированный комплекс алгоритмов генерирования входных и выходных данных этапов конкретизированной модели «СФК», *отличающихся* синтезом инструментов системного инжиниринга, модернизированных и конкретизированных инструментов модельно-ориентированного системного инжиниринга («СФК», «ДК» и SysML), программных средств, *позволяющих* широкой аудитории пользователей единообразно получать, обрабатывать, анализировать, моделировать, а также приоритизировать требования (параметры) разных аспектов проектирования технических объектов, обеспечивающих снижение затрат времени на реализацию этапов проектирования без ухудшения качества.

Значимость результатов, полученных автором

Методический инструментарий МОСИ, предложенный в диссертации, является научной основой для реализации и развития видов обеспечения CALS-технологий широкой аудиторией потенциальных пользователей, а также позволяет решать традиционные и вновь возникающие проблемы, связанные с проектированием ТО, к примеру:

1. Созданный способ автоматизации разработки SysML-диаграмм требований и обновления в них информации позволяет кардинально сократить трудозатраты и повысить качество выполнения указанных процессов. Такие и другие SysML-диаграммы являются основами разработки баз знаний (онтологий) о создаваемом объекте, позволяющие интегрировать различные программные средства (САПР) в единую цифровую экосистему.

2. Верификация и валидация разработанных SysML-диаграмм (моделей) требований нормативно-технической документации (НТД), отражающие онтологию реализации этапов ЖЦ проектирования спутниковой аппаратуры, показали, что их использование, позволяет сокращать трудозатраты на экспертизу готовности результатов опытно-конструкторских работ с нескольких дней до нескольких часов, а также сокращать сроки планирования этапов ЖЦ новых изделий-аналогов; снижать стоимость проекта, за счет минимизации рисков несоответствия качества результатов проектных работ этапов ЖЦ исходным требованиям.

3. Разработанные алгоритмы генерирования входных и выходных данных для этапов конкретизированной модели «СФК» обеспечивают методическую основу для реализации

разрозненных стадий (этапов) ЖЦ проектирования как единый проект, а также единообразное генерирование (включая моделирование) входных и выходных параметров различных аспектов проектирования технических объектов.

Обоснованность и достоверность научных результатов

Значимость результатов диссертационной работы обоснована их верификацией и валидацией в ходе проектирования аппаратуры космического назначения, информационной системы, экспертиз опытно-конструкторских работ и учебном процессе МФТИ. Об этом свидетельствуют акты о внедрении, полученные от АО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» и от МФТИ (НИУ). Внедрение показало, что результаты диссертационной работы: повышают скорость реализации этапов ЖЦ проектирования, за счет минимизации количества итераций на исправление ошибок; минимизируют затраты ресурсов на внедрение и обучение МОСИ (особенно языка SysML).

Достоверность полученных научных результатов обеспечивается выбором и использованием современных методов исследования соответствующих цели – инструменты системного инжиниринга и модельно-ориентированного системного инжиниринга: опросы, модель Кано, метод анализа иерархий, методика «Структурирование функции качества», язык и метод «Дом качества», язык SysML.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 13 печатных работах, из которых 3 статьи – в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 2 статьи – в рецензируемом научном издании; 8 работ – в сборниках конференций (из них 1 индексируется Scopus). Получено 1 свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ.

Замечания и рекомендации по диссертационной работе

1. В диссертационной работе следовало бы привести более полный анализ работ классических авторов (Богданова А.А., Л. фон Берталанфи, Блауберга И.В., Юдина Э.Г., Садовского В.Н., Поспелов Д.А., Щедровицкого Г.П., Лефевра В.А. и др.), на основе которых сегодня развиваются теоретические знания и практические инструменты по модельно-ориентированному системному инжинирингу (к примеру, по современным языкам МОСИ для моделирования).

2. Результаты работы, фактически, составляют основу для построения базовой онтологии предметной области системного инжиниринга (что уже закладывается крупными зарубежными корпорациями Боинг и Айрбас в будущую версию SysML 2.0), но эта тема не получила своего развития в работе, хотя именно онтология важна для интеграции знаний о каждом экземпляре ВТИ.

3. В диссертационной работе не рассматривается применение дополнительных многокритериальных методов перепроверки получаемых весов с помощью метода анализа иерархий и метода «Дом качества», обуславливающих порядок ранжирования и приоритизации рассматриваемых критериев. Это может стать одной из задач в рамках дальнейшего развития полученных результатов данного диссертационного исследования.

4. Сделанная автором оценка влияния его результатов на скорость реализации этапов ЖЦ является экспертной, для подтверждения которой стоило бы применить результаты в большем количестве практических случаев. Это было бы важным аргументом для дальнейшего развития и распространения полученных результатов.

5. В работе обсуждается только четыре вида обеспечения CALS-технологий, но при этом задача разработки цифровой экосистемы на основе SysML и МОСИ подразумевают проведение обязательного имитационного моделирования, что в свою очередь потребует в дальнейшем новых исследований и разработок в том числе в области математического обеспечения CALS-технологий.

Указанные замечания не снижают научной значимости и практическую ценность проведенного диссертационного исследования.

Заключение

Диссертационная работа является законченным исследованием, в котором содержится решение важной задачи по разработке методического инструментария проектирования технических объектов с помощью модельно-ориентированного системного инжиниринга (различных видов обеспечения CALS-технологий). Представленные в диссертационной работе, автореферате и опубликованных работах автора материалы позволяют сделать заключение о том, что по содержанию, практической значимости и полноте выполненных исследований диссертационная работа Шпотя Д.А. содержит важные научные результаты и технические решения, соответствующие специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (в отраслях информатики, вычислительной техники и в промышленности)», распространение и внедрение которых внесет значительный вклад в развитие цифровизации промышленности РФ.

По объему и научному уровню полученных результатов диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет критериям пп. 9, 10, 11, 12, 13, 14, изложенным в «Постановлении Правительства РФ от 24 сентября 2013 N 842 (ред. от 11 сентября 2021) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней»), которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, а ее автор, Шпотя Денис Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (в отраслях информатики, вычислительной техники и в промышленности)».

Официальный оппонент,
д.т.н., доцент, г.н.с.

Скобелев Петр Олегович

Подпись Скобелева П.О. удостоверяю,

к.т.н., заместитель директора по научной работе



Соколов Владимир Октябрьевич

18 августа 2022 г.

Официальный оппонент Скобелев Петр Олегович, доктор технических наук (05.13.01), доцент, главный научный сотрудник ФГБУН Самарского Федерального исследовательского центра РАН.
Россия, 443001, г. Самара, Студенческий переулок, 3А.
тел.: +7 902 372 32 02
e-mail: skobelev@kg.ru