

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.07, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.12.2023г. № 17

О присуждении Кузнецову Александру Андреевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели многоагентного цифрового двойника корпоративной прикладной IT-платформы» по научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей принята к защите 06.10.2023г. протокол №14 диссертационным советом 24.2.479.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32, созданного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №542/нк от 24.03.2023г.

Соискатель – Кузнецов Александр Андреевич, 26 декабря 1986 года рождения. В 2008 году окончил ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по специальности «Информационные системы и технологии».

В 2022г. окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника.

Работает в должности начальника отдела поддержки конструкторских работ Дирекции ИТ в ПАО «ОДК-УМПО».

Диссертация выполнена на кафедре автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. В период обучения в аспирантуре «Уфимского государственного авиационного технического университета» Кузнецов А.А. проводил исследования в рамках гранта РФФИ №20-37-90061 «Разработка методов и системной модели цифрового двойника отраслевой IT-платформы для распределенного проектирования наукоемких объектов машиностроения (в соответствии с концепцией INDUSTRY 4.0)».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Куликов Геннадий Григорьевич, профессор кафедры автоматизированных систем управления ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

Официальные оппоненты:

1. Доктор физико-математических наук, профессор Бельтюков Анатолий Петрович, заведующий кафедрой теоретических основ информатики ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»;

2. Доктор технических наук, профессор Соловьев Николай Алексеевич, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой программных систем, доктором технических наук, доцентом Востокиным Сергеем Владимировичем, утвержденном первым проректором – проректором по научно-исследовательской работе, доктором технических наук, доцентом, Прокофьевым Андреем Брониславовичем, указала, что диссертация Кузнецова Александра Андреевича на

соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития теории и практики разработки программного обеспечения цифровых двойников корпоративных прикладных IT-платформ в сфере машиностроения.

Диссертация соответствует требованиям п.9 Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Кузнецов Александр Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе 4 статьи в научных изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК, либо в научных изданиях, индексируемых базой данных RSCI, 10 статей в других изданиях. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ.

Общий объем публикаций – 6,06 п.л., авторский вклад – 2,16 п.л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Куликов Г. Г., Сапожников А. Ю., Кузнецов А. А., Маврина А.С., Загидуллин Д.И. Подход к применению концепции цифровых двойников для трансформации корпоративной информационной системы под требования INDUSTRY 4.0 (на примере создания единого информационного пространства "ВУЗ-предприятие") // Вестник УГАТУ, 2019. Т.23, №4 (86), С. 154-160.

2. Куликов Г.Г., Сапожников А.Ю., Кузнецов А.А., Маврина А.С. Методология проектирования системных моделей рабочих процессов с применением предметно-ориентированных метаязыков// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». - 2020. - Т. 20, № 2. - С. 45–55.

3. Сапожников А.Ю., Кузнецов А.А., Маврина А.С., Куликов Г.Г. Применение цифрового двойника информационной платформы предприятия в производственных и учебных процессах с учетом функционально-стоимостных и

временных ограничений (на примере бизнес-процессов базовой кафедры информационных технологий) // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». - 2020. - Т. 20, № 3. - С. 47–56.

4. Куликов Г.Г., Сапожников А.Ю., Кузнецов А.А., Маврина А.С. Архитектура структуры цифрового двойника интегрированной IT-платформы для распределенного, многовариантного проектирования объектов машиностроения // Вестник УГАТУ 2021. Т. 25. № 2 (92). С. 86-92.

5. Сапожников А.Ю., Кузнецов А.А., Маврина А.С., Куликов Г.Г. Подход к формированию виртуальной метаструктуры цифрового проектного двойника корпоративной информационной системы машиностроительного предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2021. Т. 21. № 2. С. 5-15. DOI: 10.14529/ctcr210201

6. Кузнецов А.А., Сапожников А.Ю., Куликов Г.Г., Архитектура информационной подсистемы организации метамоделей знаний в предметно – ориентированной проектной области (на примере образовательно-производственной среды). // Вестник УГАТУ, 2022. Т.26, №4 (98), С. 29-39.

7. Управление знаниями на примере машиностроительного предприятия и вуза / А.Ю. Сапожников, Г.Г. Куликов, А.А. Кузнецов, М.В. Юрлов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2022. Т.22, №2. С.148-157. DOI: 10.14529/ctcr220214

8. Кузнецов А.А. Системная мета модель многоагентного цифрового двойника предметно – ориентированной IT-платформы МП – ВУЗ// Вестник УГАТУ. – Уфа: УГАТУ, 2023. Т.27. № 2 (100). С. 131-138.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

– **ведущей организации** ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева». *Замечания: 1. В*

тексте диссертации следовало более детально описать особенности программной реализации разработанного автором и зарегистрированного в Роспатенте программного продукта «Программный комплекс исполнения рабочих процессов для системы управления знаниями». Это позволило бы подчеркнуть актуальность использования предложенной автором методологии реализации цифровых двойников в предметной области организации взаимодействия программ и программных систем, управления базами знаний. **2.** Для расширения практической значимости диссертации рекомендуется использовать модели вариативных сценариев, учитывающие разнообразие параметров и ограничений. Это позволит применять цифровые двойники для задач принятия решений, подчеркивая их универсальность. **3.** Имеется ряд аспектов, требующих более детального рассмотрения при организации расширенного внедрения предложенных автором программных решений. К таким аспектам, например, можно отнести организационно-правовые вопросы лицензирования кода; вопросы аудита кода из репозитория с открытым исходным кодом на предмет корректной реализации безопасного обмена данными и защиты информации.

– **официального оппонента** доктора физико-математических наук, профессора Бельтюкова Анатолия Петровича, заведующего кафедрой теоретических основ информатики ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет». *Замечания:*

1. В первой главе не достаточно полно раскрыты необходимые условия взаимосвязи методологии TOGAF и концепции цифрового двойника в аспекте системного программирования. **2.** В диссертации говорится, что цифровой двойник корпоративной информационной системы предприятия реализуется в составе корпоративной информационной системы университета, но не приведены компоненты информационной среды вуза, с которыми интегрируется цифровой двойник предприятия. Не ясно, потребуется ли разработка дополнительного прикладного программного обеспечения для данной интеграции в корпоративной информационной системе. **3.** Пример цифрового двойника корпоративной информационной системы ПАО «ОДК-УМПО» реализован с применением, в основном, иностранного зарубежного программного обеспечения. Возможно ли его

импортозамещение? 4. Предлагаемая предметно-ориентированная структура знаний достаточно формализована и может быть базой для создания искусственного интеллекта. Автору необходимо отметить этот результат в выводах. 5. “Положения, выносимые на защиту” сформулированы не как положения, а как некие объекты без упоминания о том, что на защиту выносятся также утверждения об адекватности этих объектов. 6. В математической (теоретико-множественной) модели отношения между объектами первоначально скрыты и сразу явно не представлены. 7. В формулах с кванторами используется не общепринятая запись.

– **официального оппонента** доктора технических наук, профессора Соловьева Николая Алексеевича, профессора кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». *Замечания:* 1. В теме диссертации заявлен «многоагентный цифровой двойник», а по тексту диссертации агентно-ориентированная парадигма построения архитектуры цифрового двойника не описана. 2. В первой главе целесообразно больше внимания уделить описанию существующих ЦД созданных в отечественных отраслях промышленности. 3. Во второй главе в рамках разработки функциональной модели организации и использования ЕИП в процессах комплексного территориально-распределённого взаимодействия вуза и предприятия для преодоления организационных барьеров не доказана низкая эффективность использования механизма базовых кафедр. 4. Не ясно, какие условия импортозамещения использованы при разработке программной системы управления знаниями. Кроме того, при разработке программного обеспечения системы управления знаниями предлагается использовать поисковик «elasticsearch» (стр. 89), однако в настоящий момент Elastic NV (Elasticsearch) прекратила продажи программного обеспечения в России (<https://habr.com/ru/news/658097/>). Можно ли заменить указанный поисковик аналогом? 5. Не совсем понятно, каким образом BPMN-модель, предназначенная для визуализации информационных процессов, использована для оценки временных измерений. 6. На рисунке 2 (стр. 25), 24 (стр. 88) представлена архитектура программного обеспечения, в которой компоненты ЦД в англоязычной

транскрипции, что затрудняет понимание ключевых процессов. Ряд рисунков программного интерфейса не читаемы из-за мелкого текста. 7. Публикации 7 и 8 автореферата требуют перевода и затрудняют проверку их соответствия заявленной теме диссертационных исследований.

Получено 6 положительных отзывов на автореферат:

– ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», профессор кафедры автоматических систем, **д.т.н., старший научный сотрудник Филимонов Алексей Борисович**. *Замечания:* 1. В пунктах научной новизны автореферата не указывается, чем отличаются данные положения от ранее известных.

– ООО «АСКОН - Уфа», советник генерального директора, учредитель, **к.т.н., доцент Драган Владимир Федорович**. *Замечания:* 1. В автореферате не приведены информационные системы, с использованием которых был построен ЦД КИС для процессов выполнения НИР и ОКР. 2. Не достаточно описаны программная реализация, обеспечивающая передачу на предприятие результатов работ, выполненных с использованием цифрового двойника.

– ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», профессор кафедры автоматизации и телемеханики, **д.т.н., доцент Фрейман Владимир Исаакович**. *Замечания:* 1. Показатели внедрения в разделе «Практическая значимость» приведены только в качественном формате. 2. В тексте автореферата не уточняется, какие рабочие процессы реализует программный модуль Workflows, разработанный автором, в архитектуре системы управления знаниями СУЗ.

– Институт механики им. Р.Р. Мавлютова - обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, исполняющий обязанности заведующего лабораторией робототехники и управления в технических системах, **д.т.н., главный научный сотрудник Даринцев Олег Владимирович**. *Замечания:* 1. В автореферате достаточно часто упоминается методология TOGAF, а также в третьем пункте (стр.5) научная новизна определяется ее использованием при создании цифрового двойника. Но нигде нет информации о том какая версия фреймворка была использована?

Почему в работе были использованы только «классические» четыре домена, если поставленная задача не является стандартной? Так как основной результат работы – модели цифрового двойника, то естественным было бы использование архитектуры цифровых решений. **2.** О выборе программной платформы для реализации СУЗ в автореферате всего 2 строки на стр. 16. Насколько было оправдано использование MediaWiki? Представленные в работе результаты имитационного моделирования экспериментов зависят от используемого ПО? Если да, то насколько?

– ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», заведующий кафедрой системы автоматического управления, **д.т.н. профессор Ширяев Владимир Иванович.** *Замечания:* 1. К рисунку 1: Не указана функциональная связь между блоками А2 «Выполнить практико-ориентированную подготовку студентов» и блоком А3 «Обеспечить выполнение НИР», в котором, вероятно, предполагается участие студентов. 2. На стр.1 автореферата отмечено, что появление новых знаний происходит, в том числе, в процессе техподдержки пользователей. Каким образом происходит фиксация и передача этих знаний в СУЗ?

– ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», профессор кафедры автоматизации, телекоммуникаций и метрологии, **д.т.н., профессор Веревкин Александр Павлович.** *Замечания:* 1. В целях записано, что эффективность связывается со взаимодействием участников проекта. На самом деле цель – это повышение эффективности проектных работ за счет взаимодействия. 2. Не детализированы вопросы организации иерархии моделей от организационно-технических до объектно-технических. 3. ЦД IT-платформы, видимо не просто объединение множества корпоративных платформ, а некая более сложная логическая композиция. Этот вопрос в автореферате не детализирован. 4. В описании 4-й главы исследования отмечено, что к системе управления знаниями предъявляется требования по выявлению неявных знаний. При этом из иллюстрации архитектуры СУЗ не ясно, какими программными компонентами реализуется данное требование.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в данной отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей

сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **предложен** метод построения архитектуры многоагентного цифрового двойника (ЦД) для подсистемы корпоративной информационной системы (КИС), основанный на многоаспектном представлении базовой архитектуры (Foundation Architecture) и методологии TOGAF (The Open Group Architecture Framework), *отличающийся* тем, что развитие архитектуры ЦД основано на ADM (Architecture Development Method) с применением положений теории категорий, что обеспечивает соответствующее развитие архитектуры ЦД в ходе развития КИС предприятия;

– **разработаны:**

– функциональная модель единого информационного пространства (ЕИП), содержащая формализованное описание функций взаимодействия вуза и предприятия при решении наукоемких задач, *отличающаяся* применением цифрового двойника КИС и программного комплекса управления знаниями, что позволяет реализовать подход, основанный на знаниях, к построению и развитию программного комплекса КИС;

– теоретико-множественная модель многоагентного ЦД корпоративной прикладной IT-платформы, описывающая комплекс взаимодействующих информационных систем, бизнес-процессов и технологий, *отличающаяся* наличием формализованных компонентов ЦД, что обеспечивает целостное и непротиворечивое описание предметной области;

– архитектура программного комплекса управления знаниями, содержащая описание взаимосвязей программных компонентов на базе MediaWiki, *отличающаяся* наличием программного компонента конструирования рабочих процессов в форме WorkFlow, что обеспечивает возможность адаптировать программный комплекс к различным бизнес-процессам;

– **доказана** перспективность использования предложенных моделей, метода создания и модернизации архитектуры ЦД КИС, а также архитектуры программного

комплекса управления знаниями, применение которых позволяет интенсифицировать и повысить качество процессов комплексного территориально-распределенного взаимодействия предприятий и вузов при решении наукоемких производственных задач в ЕИП, что подтверждается объемом выполненных работ на ЦД.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- применительно к проблематике диссертации результативно (то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методы системного анализа, системной инженерии, положения теории множеств и теории категорий, подходы к построению IT-архитектуры предприятия;

- **изложены** научно обоснованные теоретические положения, составляющие основу предложенных автором метода и моделей, применение которых позволяет решать задачи построения программного комплекса для территориально распределенного взаимодействия предприятий и вузов;

- **раскрыты** проблемы, связанные с применением известных методов и моделей создания ЦД, затрудняющие эффективное использование ЦД при решении наукоемких задач взаимодействия вуза и предприятия;

- **проведена модернизация** известных моделей и методов создания и применения ЦД, положенных в основу программных средств для управления знаниями при использовании ЦД.

Значимость полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

- **разработаны и внедрены** в ПАО «ОДК – Уфимское моторостроительное производственное объединение» и ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» результаты диссертационной работы, в том числе:

- метод построения архитектуры ЦД, используемый для согласованного развитие ЦД КИС и КИС предприятия;

- функциональная модель, используемая для многоагентного, комплексного территориально-распределенного взаимодействия вуза и производственного предприятия с применением ЦД КИС;

– теоретико-множественная модель многоагентного ЦД, используемая при разработке наукоёмких объектов в корпоративной прикладной IT-платформе;

– **определены** практические рекомендации применения разработанных метода, моделей и программного комплекса для решения задач территориально-распределенного взаимодействия вуза и производственного предприятия;

– **созданы** прототип ЦД корпоративной прикладной IT-платформы, применение которого позволило предприятию решать производственные задачи с привлечением научного потенциала технического вуза: выполнено 5 совместных проектов, решено 9 производственных задач, разработано 9 программных модулей, выполнено 16 НИР; применение программного комплекса управления знаниями сократило время оказания технической поддержки в 2,5 раза, а при изменении статей в базе знаний — в 1,7 раза;

– **представлены** методика применения разработанного прототипа ЦД корпоративной прикладной IT-платформы в процессах территориально-распределённого взаимодействия производственного предприятия и вуза.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **теоретическая часть работы** базируется на известных, проверяемых и апробированных положениях, фактах и согласуется с опубликованными ранее работами других авторов, а также с практическими результатами, полученными в ходе исследования;

– **идея базируется** на результатах представительного анализа известных публикаций по теме диссертации и смежным темам, обобщении опыта применения ЦД и систем управления знаниями для решения сложных наукоёмких производственных задач;

Значимость полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

– **определены** практические рекомендации применения разработанных метода, моделей и программного комплекса для решения задач территориально-распределенного взаимодействия вуза и производственного предприятия;

– **использовано** сопоставление предложенных решений с известными подходами по созданию и применению ЦД при решении производственных задач предприятия совместно с вузом;

– **установлено** качественное совпадение авторских результатов по организации территориально-распределенного взаимодействия предприятий и вузов с результатами, представленными в независимых источниках по результатам выполненных проектов в «ОДК – Уфимское моторостроительное производственное объединение».

Личный вклад соискателя состоит в участии во всех этапах научного исследования: планировании, постановке целей и задач исследования, получении и интерпретации результатов на различных этапах и уровнях обработки эмпирических и теоретических данных, а также в совместном с научным руководителем выдвижении, формулировании и представлении основных идей диссертационной работы, подготовке 15 публикаций по результатам исследования, в том числе 4 статей в научных изданиях из Перечня ВАК (одна из которых опубликована без соавторов). Разработанный «Программный комплекс исполнения рабочих процессов для системы управления знаниями» защищен свидетельством о государственной регистрации программы ЭВМ.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что в диссертации:

– соблюдены установленные Положением о присуждении ученых степеней критерии, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук;

– отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;

– соискатель ссылается на авторов и источники заимствования;

– оригинальность диссертационной работы составляет 92,11%.

Диссертационная работа Кузнецова Александра Андреевича «Модели многоагентного цифрового двойника корпоративной прикладной IT-платформы» соответствует п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней,

утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013г. (с последующими изменениями), предъявляемых к кандидатским диссертациям.

Тема работы и содержание исследований соответствуют паспорту научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей по пунктам: п. 3 «Модели, методы, архитектуры, алгоритмы, языки и программные инструменты организации взаимодействия программ и программных систем»; п. 4 «Интеллектуальные системы машинного обучения, управления базами данных и знаний, инструментальные средства разработки цифровых продуктов».

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Для построения архитектуры предприятия использовалась методология TOGAF, при этом существует ряд других методологий, таких как методология Захмана, FEAF и других. В рамках доклада не прозвучало, почему были выбрана данная методология.

2. В настоящий момент в Российской Федерации взят курс на импортозамещение, почему в докладе использовались англоязычная терминология, а при выполнении работы применялись зарубежные подходы.

Соискатель Кузнецов А.А. согласился с высказанными замечаниями и уточнил, что при выборе применяемой методологии был проведен анализ по следующим критериям: доступность информации, универсальность и возможность описания развития архитектуры, кроме того методология должна наиболее полно описывать IT составляющую архитектуры. По результатам анализа методология TOGAF оказалась наиболее формализованной, обобщающей передовые практики, в том числе и отечественные. Касательно вопроса по использованию зарубежных подходов пояснил, что отечественные ученые также внесли свой вклад в их разработку. Наличие в докладе англоязычных терминов также связано с широким распространением зарубежного программного обеспечения в отечественном машиностроении.

На заседании 08.12.2023г. диссертационный совет принял решение: по результатам решения актуальной научной задачи, заключающейся в разработке моделей и метода создания, применения и модернизации цифрового двойника корпоративной прикладной IT-платформы, а также архитектуры программного комплекса управления знаниями при работе с цифровым двойником позволяющих обеспечить повышение эффективности процессов комплексного территориально-распределенного взаимодействия предприятий и вузов, присудить Кузнецову А.А. ученую степень кандидата технических наук по научной специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель
диссертационного совета
д-р техн. наук, профессор



А.С.А. Султанов Альберт Ханович

Ученый секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, доцент

И.Л.

Виноградова Ирина Леонидовна

08 декабря 2023 года