

УДК 004.4

Системная метамодель многоагентного цифрового двойника предметно – ориентированной IT-платформы МП – ВУЗ

А. А. Кузнецов

kuznecovopr@gmail.com

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологии»

Поступила в редакцию 28.04.2023

Аннотация. В статье рассматриваются модели многоагентного цифрового двойника (ЦД) корпоративной прикладной IT платформы обеспечивающего комплексное территориально-распределенное взаимодействие вуза и производственного предприятия, при разработке сложных, наукоемких объектов в условиях цифровой трансформации и перехода к технологиям INDUSTRY 4.0. Приведена системная метамодель ЦД обеспечивающая целостность описания и непротиворечивость его представления исследуемой предметной области. Предложен метод создания и трансформации архитектуры ЦД корпоративной прикладной IT платформы опирающийся на теорию категорий и методологию TOGAF. Приведен пример применения предложенных моделей и метода при создании и использовании ЦД корпоративной информационной системы ПАО «ОДК-УМПО» в ФГБОУ ВО «УУНиТ».

Ключевые слова: цифровой двойник; методология TOGAF; теория категорий; цифровая трансформация.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка высокотехнологичных изделий осуществляется в условиях жесткой конкуренции, что требует консолидации усилий отдельных, территориально-распределённых предприятий. С этой целью создаются отраслевых корпорации АО «ОДК» – «Объединённая двигателестроительная корпорация», «Вертолеты России», ПАО «ОАК» – «Объединённая авиастроительная корпорация» и др. Курс на интеграцию и унификацию бизнес-процессов, технологических решений, используемых программных продуктов и в других направлениях позволил обеспечить реализацию масштабных инновационных проектов, яркими примерами которых являются: ПД-14, МС-21, ПД-35 и др. Данные изделия создаются за счет кооперации нескольких ОКБ и серийных заводов, что удалось обеспечить, в том числе и за счёт использования информационных систем различных классов, интегрированных в единое информационное пространство (ЕИП) - корпоративную прикладную IT-платформу.

В каждом дочернем обществе отраслевой корпорации, применяется часть IT-платформы, автоматизирующая бизнес-процессы жизненного цикла изделия, организованные в данном дочернем обществе. Данная часть платформы выступает в роли корпоративной информационной системы (КИС) предприятия.

В то же время производство инновационной продукции в условиях глобальной и тотальной цифровизации обуславливает необходимость применения технологий *INDUSTRY 4.0*. Очевидно, что повышение эффективности при реализации наукоемких проектов на предприятиях может достигаться за счет привлечения научного потенциала технических вузов [1, 2].

ЦД В ПРОЦЕССЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВУЗ - ПРЕДПРИЯТИЕ

Выявление резервов по повышению эффективности процесса взаимодействия научно-образовательной и производственной среды обуславливает трансформацию функциональной модели традиционного процесса взаимодействия. Анализ данной модели позволил выявить ряд недостатков [9], для устранения которых требует модернизации данного процесса в следующих направлениях:

- устранение информационно-коммуникационных барьеров;
- устранение организационных барьеров;
- формирование условий для применения технологий семантических web.

С целью устранения выявленных недостатков была разработана функциональная модель предлагаемого процесса комплексного территориально-распределенного взаимодействия вуза и предприятия (рис. 1). В предложенном подходе организационные проблемы предлагается решать за счет применения механизма базовых кафедр. Сотрудниками базовых кафедр являются специалисты предприятий, при этом сама кафедра является подразделением вуза. Как следствия при построении данной модели была выбрана точка зрения заведующего базовой кафедрой информационных технологий, выступающего в роле системного интегратора.

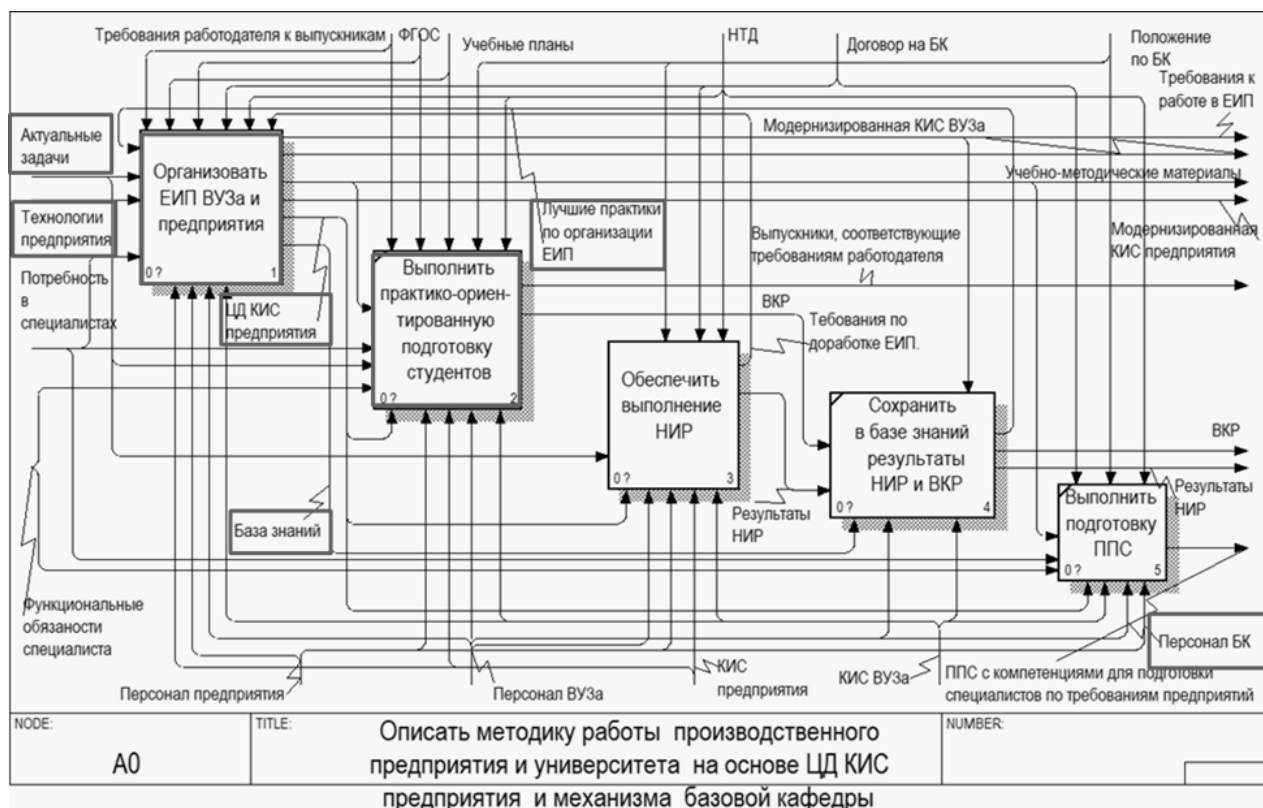


Рис. 1. Функциональная диаграмма взаимодействия «вуз – предприятие» с использованием ЦД и механизма базовых кафедр (1-й уровень).

Ключевым функциональным блоком данной модели является блок «Организовать ЕИП ВУЗа и предприятия» позволяющий устранить информационно-коммуникационные разрывы. При этом стоит отметить, что построение ЕИП осуществляется на базе технологий, применяемых на предприятии, а также с учетом списка актуальных производственных задач, которые планируется решать с использованием ЕИП. Построение ЕИП является не разовым, а итерационным процессом, осуществляющимся с учетом лучших практики, выработанных в рамках совместных работ коллективов вуза и дочерних обществ отраслевых корпораций.

Ключевыми результатами блока «Организовать ЕИП вуза и предприятия» являются: ЦД КИС предприятия и база знаний.

Основным инструментом, обеспечивающим взаимодействие участников научно-производственной среды, выступает многоагентный цифровой двойник корпоративной информационной системы предприятия (ЦД КИС), реализуемый в составе КИС университета. Данный цифровой двойник реализуется как предметно-ориентированное слабоструктурированное информационное пространство (среда), состоящее из различных классов информационных систем и обеспечивающее поддержку жизненного цикла продукции выпускаемой отраслью.

Многоагентность ЦД определяется в нескольких аспектах: специалисты коллектива производственных объединений (конструктора, технологи, и др.) и вуза (профессорско-преподавательский состав, аспиранты, магистры, студенты); программные агенты (автономные программы, обеспечивающие взаимодействие между информационными системами); программные модули, реализованные в виде плагинов или модулей семантического *WEB*.

Отметим, что системное моделирование предполагает и параллельное определение предметно-ориентированных метаязыков, иерархия которых определяется структурой системной метамодели исследуемой предметной области. Кроме того, процесс систематизации описания исследуемой предметной области с применением *IT CASE*-средств, определяемых общепринятыми стандартами в машиностроении, предложено осуществлять в следующей последовательности: функциональное структурирование → структурирование информационных объектов, соответствующих реальным объектам → определение структуры *WorkFlow* → разработка модулей, реализующих бизнес-процесс (например, *BPMM*).

Таким образом, необходимое и достаточное условие существования ЦД можно сформулировать:

$$ЦД_{min} = \{ИС_i, ТП_j, ЖЦП_l\}$$

где: $ИС_i \in КИС, i=1, \dots, k$ - конечное число информационных систем; КИС – множество информационных систем различных классов;

$ТП_j \in ТП, j=1, \dots, m$ - конечное число технологий применяемых на предприятии при работе с $ИС_i$; ТП – множество технологий и методов по работе в КИС;

$ЖЦП_l \in ЖЦП, l=1, \dots, n$ - конечное число бизнес-процессов жизненного цикла изделия, для которых выполнена автоматизация в с $ИС_i$; ЖЦП – бизнес-процессы жизненного цикла изделия.

Как уже отмечалось ранее, создание ЕИП является итерационным процессом, как следствие ЦД КИС также постоянно претерпевает изменение. Со временем, распределенное взаимодействие вуза будет расширяться и в него будут вовлекаться новые дочерние общества отраслевой корпорации.

Таким образом, можно составить системную метамодель *СММЦД* корпоративной прикладной ИТ платформы обеспечивающего работу с несколькими предприятиями:

$$СММЦД = \langle \{ИС, ТП, ЖЦП\}, МО, МП, МБП \rangle$$

где: *МО* – множество отношений между объектами входящих в ЦД, а также отношений ЦД в внешними объектами; *МП* – множество предикатов и операций определённых в *СММЦД*; *МБП* – множество бизнес-процессов, реализуемых над объектами в *СММЦД*.

Современные информационные технологии, реализующие ЦД системы [3–5] и протекающих в ней процессов также являются основой цифровой трансформации [6–8], при этом ЦД выступает в качестве интегратора и агрегатора технологий *INDUSTRY 4.0* [10]. Как следствие организация процесса комплексного территориально-распределённого взаимодействия вуза и предприятия на основе ЦД корпоративной прикладной ИТ платформы в условиях перехода к цифровой экономике способствует техническому развитию отраслей промышленности и увеличению научного потенциала [11].

МЕТОД СОЗДАНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ ЦД КОРПОРАТИВНОЙ ПРИКЛАДНОЙ ИТ ПЛАТФОРМЫ

Как отмечалось в [1,2] создание архитектуры ЦД целесообразно реализовать на основе методологии *TOGAF* [12], базирующейся на международном стандарте ISO 42010:2011 «Системная и программная инженерия. Описание архитектуры» и описывающую архитектуру предприятия и предполагающую ее разработку, планирование и внедрение ИТ-архитектуры. Согласно *TOGAF* ЦД строится итерационно, с учетом актуальных задач, поступающих из производственной среды и связанных в первую очередь бизнес-процессами относящихся к категории основных [13].

ЦД корпоративной прикладной ИТ платформы отражает диалектическое единство между методологиями *TOGAF* и *CALS* в предметно-ориентированной области. С одной стороны процессы создания и модернизации архитектуры ЦД соответствует принципам *TOGAF* с другой стороны, ЦД обеспечивает реализацию совместных проектов и решение актуальных задач отрасли в едином информационном пространстве, определяемом *CALS*[14].

Согласно *TOGAF* архитектура описывается в виде текущего и целевого состояния, а переход из текущего состояния в целевое осуществляется на основе метода *ADM* (*Architecture Development Method*). Каждое состояние описывается в четырех доменах: бизнеса, данных, приложений и технологий. Взаимосвязь между объектами различных доменов описывается множеством междоменных связей.

Процесс перехода каждого домена из текущего состояния в целевое может быть представлен формулами:

$$\begin{aligned}FBP:BP \times WBP &\rightarrow BP \\FD:D \times WD &\rightarrow D \\FP:P \times WP &\rightarrow P \\FT:T \times WT &\rightarrow T \\FS:S \times WS &\rightarrow S\end{aligned}$$

где: *FBP*, *FD*, *FP*, *FT*, *FS* – функции отображение текущего состояния домена бизнес-процессов, данных, приложений, технологий, междоменных связей в целевое соответственно; *BP*, *D*, *P*, *T*, *S* – множества возможных состояний домена бизнес-процессов, данных, приложений, технологий, междоменных связей соответственно; *WBP*, *WD*, *WP*, *WT*, *WS* – множества процессов трансформации домена бизнес-процессов, данных, приложений, технологий, междоменных связей из текущего в целевое состояние соответственно.

На множествах состояний каждого домена и множестве состояний междоменных связей выполняются:

- ассоциативность (возможность объединить нескольких объектов в объекты более высокого уровня);
- некоммутативность (конечный результат зависит от последовательности действий);
- тождественный морфизм действует тривиально (объекты домена могут выступать как входными, так и выходными данными).

Как следствия данные множества образуют 5 самостоятельных категорий, которые строятся по сходным правилам и объединяются в категорию более высокого уровня – категорию архитектуры предприятия.

$$\left. \begin{aligned}FBP:BP \times WBP &\rightarrow BP \\FD:D \times WD &\rightarrow D \\FP:P \times WP &\rightarrow P \\FT:T \times WT &\rightarrow T \\FS:S \times WS &\rightarrow S\end{aligned} \right\} \Rightarrow FAP:AP \times ADM \rightarrow AP$$

где: *FPA* – функция отображение текущего состояния архитектуры предприятия в целевое; *AP* – множество возможных состояний архитектур предприятия; *ADM* – множество процессов, реализующихся в рамках *ADM* метода.

На рисунке 2 приведена. мнемосхема цифровой трансформации предприятия и вуза при решении актуальных производственных в виде совместных проектов с привлечением научно-технического задела (НТЗ) вуза. Важным элементом при этом становится ЦД КИС в составе университета. Только при его наличии становится возможным трансфер технологии от предприятия к вузу, реализация проектов с использованием НТЗ университета, передача полученных результатов в научно-образовательную среду, а также, по принципу обратной связи, в производственную среду [9].

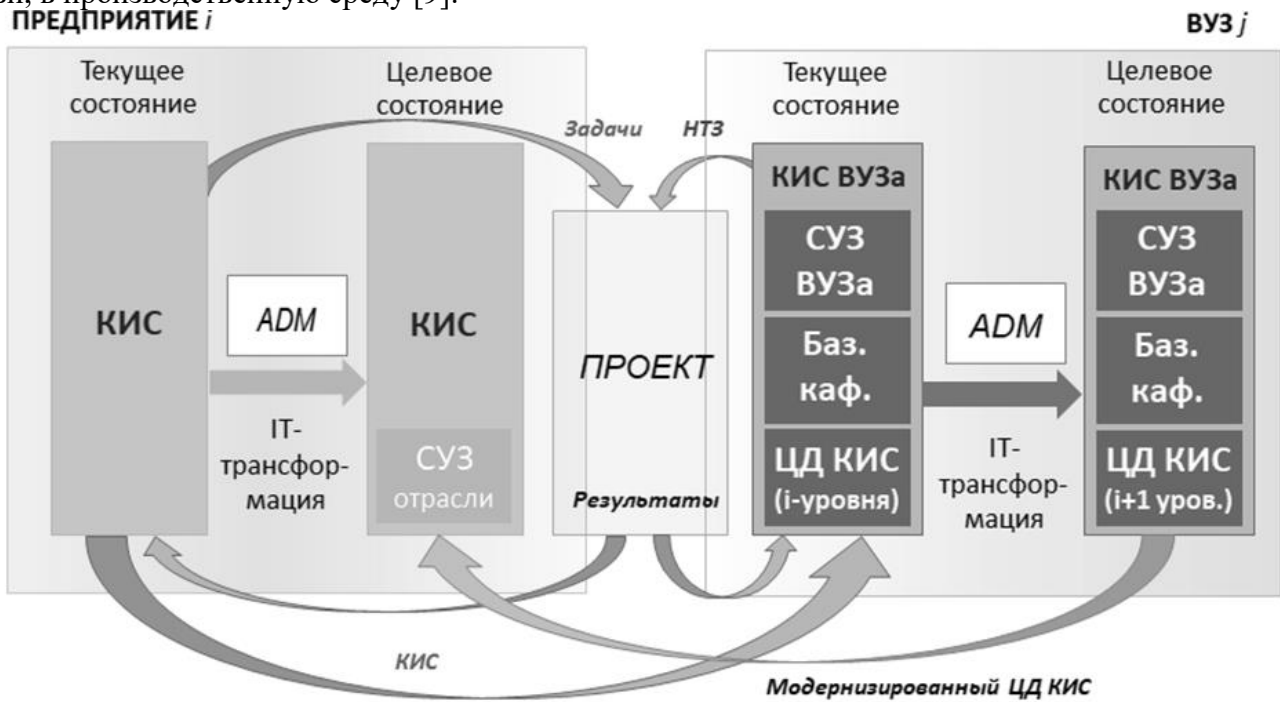


Рис. 2. Цифровое интегрирование и трансформация КИС вузов и предприятий отрасли в результате выполняемых проектов и использования ЦД КИС

При этом можно зафиксировать ряд следующих особенностей.

Для предприятия выполнение проектов:

- 1) приближает текущее состояние предприятия к целевому;
- 2) обеспечивает появление новых знаний, полученных как в виде результатов проекта, так и в виде НТЗ вуза;
- 3) модернизация ЦД КИС в университете формирует облик КИС в целевом состоянии предприятия.

Для вуза выполнение проектов:

- 1) требует наличия ЦД КИС в составе университета, является необходимым условием для эффективного территориально-распределенного взаимодействия с предприятиями;
- 2) инициирует модернизацию ЦД КИС и, как следствие, оказывает влияние на IT-трансформацию университета;
- 3) обеспечивает накопление знаний в университете и возможности по управлению контентом.

**ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ ЦД КИС ПРЕДПРИЯТИЯ АВИАДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ
В ОПОРНОМ ВУЗЕ НА ПРИМЕРЕ (ПАО «ОДК-УМПО» И УУНИТ)**

ПАО «ОДК – УМПО» (УМПО) является предприятием полного цикла и осуществляет участие во всех этапах жизненного цикла авиационных двигателей. Отрасль двигателестроения является наукоемкой, а производство инновационной, конкурентоспособной продукции

сопряжено с необходимостью решения огромного числа мультидисциплинарных задач, в рамках НИР и ОКР, а также подготовки высококвалифицированных кадров, отвечающих требованиям стандартов отрасли [15]. Решение данных задач требует тесного, сотрудничества с отечественными техническими вузами, ярким пример которых является ФГБОУ ВО «УУНиТ» (УУНиТ).

Для интенсификации процессов комплексного территориально-распределённого взаимодействия в УУНиТ был развернут многоагентный ЦД КИС УМПО. При этом стоит отметить, так как данное предприятие реализует полный цикл выпуска продукции, КИС УМПО является адекватным отображением корпоративной прикладной TI платформы АО «ОДК».

В рамках первой итерации создание ЦД, согласно методологии TOGAF, в качестве основного был выбран бизнес-процесс разработки КД. Также были определены процессы развития, управления и вспомогательные процессы, которыми выступили: выполнение НИР, управление проектами и сопровождение IT соответственно.

В соответствии основным бизнес-процессом были определены информационные потоки и классы систем: PLM/CAD/CAM/CAE, которые составили целевое состояние домена приложений архитектуры ЦД КИС (рис. 3).

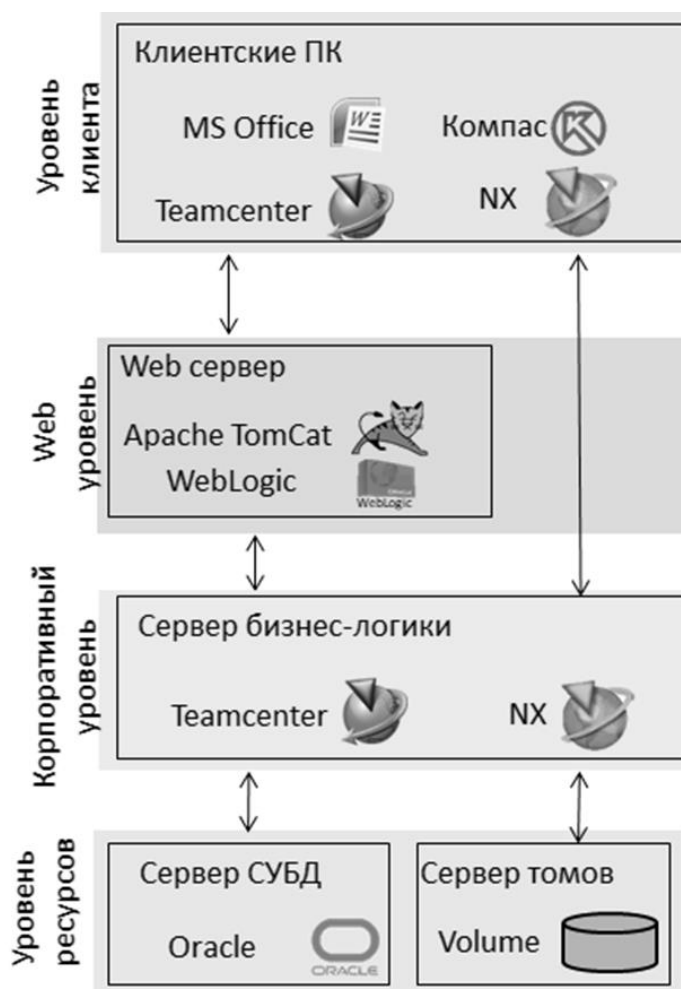


Рис. 3. 4-х уровневая архитектура ЦД КИС ПАО «ОДК–УМПО»

С учетом опыта специалистов УМПО по использованию выбранных информационных систем, был сформирован и развернут технологический уровень, который состоит из 4-х виртуальных серверов и 45 клиентских мест, обеспечивающих доступ сотрудникам УУНиТ к ЦД КИС УМПО.

В настоящий момент на ЦД КИС УМПО выполняются работы трем основным направлениям: производственное, образовательное и НИР (табл 1). Кроме того ЦД широко применяется при реализации проекта государственной корпорации «Крылья Ростех».

Таблица 1

**Работы выполненные в рамках взаимодействия
ПАО «ОДК–УМПО» и ФГБОУ ВО «УУНиТ» с использованием ЦД**

Вид работы	Кол-во
<i>Производственное направление</i>	
Разработано программных модулей	9
Выполнено проектов и задач	14
<i>Образовательное направление</i>	
Подготовлено групп студентов (по специальностям)	28 (6)
Разработано программ ДПО	8
Курирование выполнения ВКР	9
<i>НИР</i>	
Публикаций (ВАК)	17 (8)
Грант	1

ВЫВОДЫ

1. Предложенная системная метамодель ЦД обеспечивает целостность описания и непротиворечивое представление предметной области в аспектах идентифицируемости и прослеживаемости реальных и информационных объектов и их отношений.

2. Предложенный метод формирования архитектуры ЦД обеспечивает возможность ее дальнейшей масштабирования и трансформации, в том числе и в условиях импортозамещения.

3. Формализация в явной форме обратных связей в процессе создания и модернизации ЦД обеспечивает устойчивость и управляемость (повторяемость) данных процессов.

4. Приведенный пример реализации ЦД КИС ПАО «ОДК-УМПО» в составе УУНиТ с использованием предложенных моделей и методов обеспечил переход процесса комплексного территориально-распределённого взаимодействия вуза и отраслевого предприятия на качественно новый уровень. Повышение эффективности данного процесса подтверждается интенсификацией совместных работ по направлениям: решение производственных задач (23 шт.), решение образовательных задач (35 шт.) и выполнение НИР (18 шт.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архитектура структуры цифрового двойника интегрированной IT-платформы для распределенного, многовариантного проектирования объектов машиностроения / Г.Г. Куликов, А.Ю. Сапожников, А.А. Кузнецов, А.С. Маврина // Вестник УГАТУ. 2021. Т.25, № 2 (92). С. 86–92. DOI:10.54708/19926502_2021_2529286. [Architecture of the structure of the digital twin of an integrated IT platform for distributed, multivariant design of mechanical engineering objects / G.G. Kulikov, A.Yu. Sapozhnikov, A.A. Kuznetsov, A.S. Mavrina // Vestnik UGATU. 2021. V.25, No. 2 (92). pp. 86–92. DOI:10.54708/19926502_2021_2529286.]
2. Подход к формированию виртуальной метаструктуры цифрового проектного двойника корпоративной информационной системы машиностроительного предприятия / А.Ю. Сапожников, А.А. Кузнецов, А.С. Маврина, Г.Г. Куликов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2021. Т. 21, № 2. С. 5–15. DOI: 10.14529/ctcr210201. [Approach to the formation of the virtual metastructure of the digital design twin of the corporate information system of a machine-building enterprise / A.Yu. Sapozhnikov, A.A. Kuznetsov, A.S. Mavrina, G.G. Kulikov // Bulletin of SUSU. Series "Computer technologies, control, radio electronics". 2021. V. 21, No. 2. S. 5–15. DOI: 10.14529/ctcr210201.]
3. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Изд. первое, испр. и доп. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с. [Prokhorov A., Lysachev M. Scientific editor professor Borovkov A. Digital twin. Analysis, trends, world experience. Ed. first, ref. and additional - M.: LLC "AlliancePrint", 2020. 401 p.]
4. Цифровой двойник (digital twin) // IT Enterprise. URL: <https://www.it.ua/ru/knowledgebase/technology-innovation/cifrovoy-dvojn timer-digital-twin.html> (дата обращения: 12.04.2023). [Digital twin // IT Enterprise. URL: <https://www.it.ua/ru/knowledgebase/technology-innovation/cifrovoy-dvojn timer-digital-twin.html>].
5. Фролов Е.Б. MES – базис для создания «цифрового двойника». URL: <https://www.e-xecutive.ru/management/practices/1989564-mes-bazis-dlya-sozdaniya-tsfirovogo-dvojn timer-digital-twin.html> (дата обращения: 14.04.2023). [Frolov E.B. MES is the basis for creating a "digital twin". URL: <https://www.e-xecutive.ru/management/practices/1989564-mes-bazis-dlya-sozdaniya-tsfirovogo-dvojn timer-digital-twin.html>].

6. **Шваб К.** Четвертая промышленная революция: пер. с англ. М.: Эксмо, 2016. 136 с. [Schwab K. The fourth industrial revolution: Per. from English. M.: Eksmo, 2016. 136 p.]
7. **Липкин Е.** Индустрия 4.0: Умные технологии – ключевой элемент в промышленной конкуренции. М.: ООО «Остек-СМТ», 2017. [Lipkin E. Industry 4.0: Smart technologies are a key element in industrial competition. M.: Ostek-SMT LLC, 2017]
8. **Хузмиев И.К.** Информационные технологии – инфраструктура четвертой промышленной революции // Россия: тенденции и перспективы развития. 2017. Вып. 12, ч. 3. С. 274–277. [Khuzmiev I.K. Information technologies - infrastructure of the fourth industrial revolution // Russia: trends and development prospects. 2017. Issue. 12, part 3. S. 274–277.]
9. Управление знаниями на примере машиностроительного предприятия и вуза / **А.Ю. Сапожников, Г.Г. Куликов, А.А. Кузнецов, М.В. Юрлов** // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2022. Т.22, №2. С.148-157. DOI: 10.14529/ctcr220214. [Knowledge management on the example of a machine-building enterprise and a university / A.Yu. Sapozhnikov, G.G. Kulikov, A.A. Kuznetsov, M.V. Yurlov // Bulletin of SUSU. Series "Computer technologies, control, radio electronics". 2022. Vol. 22, No. 2. pp.148-157. DOI: 10.14529/ctcr220214.]
10. **Прохоров А., Лысачев М.** Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр., ил. [Prokhorov A., Lysachev M. Scientific editor Professor Borovkov A. Digital twin. Analysis, trends, world experience. First edition, revised and enlarged. - M.: LLC "AlliancePrint", 2020. - 401 pages, ill.]
11. **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. [Kulikov G. G., Sapozhnikov A. Yu., Kuznetsov A. A., Mavrina A. S., Zagidullin D. I. An approach to applying the concept of digital twins to transform a corporate information system to the requirements of INDUSTRY 4.0 (on the example of creating a single information space "university-enterprise") // Vestnik UGATU, 2019. V.23, No. 4 (86), pp. 154-160.]
12. **Темненко В.** Быть или не быть TOGAF: распространение архитектуры предприятия за границы RUP. [Электронный ресурс]. URL: <http://eam-news.blogspot.com/2007/12/togaf-rup.html> (дата обращения 15.04.2023). [V. Temnenko (2022, Apr. 15), To be or not to be TOGAF: spreading enterprise architecture beyond RUP [Online], (in Russian). Available: <http://eam-news.blogspot.com/2007/12/togaf-rup.html>.]
13. **Рыбаков, М.Ю.** Бизнес-процессы: как их описать, отладить и внедрить. Практикум /М.Ю. Рыбаков. – М.: Изд-во Михаила Рыбакова, 2016. – 392 с. [Rybakov, M.Yu. Business processes: how to describe, debug and implement them. Workshop /M.Yu. Rybakov. – M.: Publishing House of Mikhail Rybakov, 2016. – 392 p.]
14. CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия) в авиастроении / **А. Г. Братухин** [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф., Засл. деятеля наук РФ А. Г. Братухина. М.: МАИ, 2000. 304 с.: ил. [A. G. Bratukhin, et al., CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support - continuous information support of the product life cycle) in the aircraft industry, (in Russian). Dr. Tech. Sci., prof., Honored. worker of sciences of the Russian Federation A. G. Bratukhin (ed.). Moscow: MAI, 2000. 304 p.: ill.]
15. **Маврина А.С., Кузнецов А. А.** Пример внедрения PLM-системы на ПАО «ОДК-УМПО» в рамках взаимодействия по проекту ПД-14 // «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (с приглашением зарубежных ученых): труды VI Всероссийской научной конф. 28-31 мая, Том 3, Уфа-Ставрополь, 2018. С.68-71. [Mavrina A.S., Kuznetsov A.A. An example of the implementation of a PLM system at PJSC "UEC-UMPO" as part of the interaction on the PD-14 project // "Information technologies for intelligent decision support" (with the invitation of foreign scientists): Proceedings of the VI All-Russian Scientific Conf. May 28-31, Volume 3, Ufa-Stavropol, 2018. P.68-71.]

ОБ АВТОРАХ

КУЗНЕЦОВ Александр Андреевич, аспирант, каф. АСУ, УУНИТ. Дипл. инж. (УГАТУ, 2008). Иссл. в области информационных технологий и управления данными.

METADATA

Title: System metamodel of the multi-agent digital twin of the subject-oriented IT-platform ME-U

Authors: A. A. Kuznetsov

Affiliation: Ufa University of Science and Technology (UUSaT), Russia.

Email: kuznecovopkr@gmail.com.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), vol. 27, no. 2 (100), pp. 131-138, 2023. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The article discusses models of a multi-agent digital twin (DT) of a corporate applied IT platform that provides a complex territorially distributed interaction between a university and a manufacturing enterprise, in the development of complex, knowledge-intensive objects in the context of digital transformation and the transition to INDUSTRY 4.0 technologies. A systemic metamodel of the DT is presented, which ensures the integrity of the description and the consistency of its representation of the subject area under study. A method is proposed for creating and transforming the architecture of the data center of a corporate applied IT platform based on category theory and the TOGAF methodology. An example of the application of the proposed models and method in the creation and use of the data center of the corporate information system of PJSC "UEC-UMPO" in FGBOU VO "UUNiT" is given.

Key words: digital twin, TOGAF methodology, category theory, digital transformation.

About authors:

KUZNETSOV. Alexander Andreevich, head of department, Directorate of ASM (UUSaT).