

УДК 004.942

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-4-430-441>

Теоретические и практические аспекты создания цифрового двойника организации

Ирина Соломоновна Таюрская

Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Санкт-Петербург, Россия,
tis_ivesep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8795-5672>

Аннотация

Цель. Выявление основных подходов к созданию цифровых двойников организации (далее — ЦДО) и разработка рекомендаций по их формированию, внедрению в соответствии с состоянием цифровой трансформации российских организаций.

Задачи. Изучить особенности текущего этапа развития концепции цифровых двойников, а также направления ее эволюции; предложить классификацию цифровых двойников в зависимости от уровня сложности используемых в них цифровых технологий; выявить границы понятия «цифровой двойник организации»; рассмотреть существующие подходы к реализации ЦДО; разработать модель архитектуры ЦДО.

Методология. Использованы методы анализа научных изданий российских и зарубежных авторов, теоретического обобщения и систематизации данных, полученных из открытых источников, экономико-организационного моделирования.

Результаты. В процессе исследования выявлено пять этапов развития концепции цифровых двойников. Эта концепция в соответствии с общим законом эволюции развивалась под влиянием соответствующих периоду цифровых технологий, расширяя свою область применения от части изделия до системы, частным случаем которой становится организация или промышленное предприятие. Раскрыты особенности цифровых двойников текущего этапа, а также предложена их классификация в зависимости от сложности технологий реализации. Выявлены границы понятия «цифровой двойник организации». Автором сформулированы определения понятий «цифровая модель организации» и «цифровой двойник организации», а также изложены ключевые подходы к созданию ЦДО. На базе классического подхода разработана модель архитектуры цифрового двойника для промышленного предприятия.

Выводы. В рамках реализации цифровой трансформации понимание особенностей функционирования и структуры цифрового двойника позволит руководству принимать обоснованные управленческие решения, способствующие поддержанию конкурентоспособности организации и увеличению гибкости ее бизнеса. Разработанная модель архитектуры ЦДО может быть использована руководителями предприятий, осуществляющих цифровую трансформацию.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровой двойник, цифровая модель организации, цифровой двойник организации

Для цитирования: Таюрская И. С. Теоретические и практические аспекты создания цифрового двойника организации // *Экономика и управление*. 2025. Т. 31. № 4. С. 430–441. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-4-430-441>

Theoretical and practical aspects of creating a digital twin of an organization

Irina S. Tayurskaya

St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, St. Petersburg, Russia,
tis_ivesep@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8795-5672>

Abstract

Aim. The work aimed to identify the main approaches to creating digital twins of an organization (hereinafter referred to as DTO) and develop recommendations for their creation and implementation in accordance with the state of digital transformation of Russian organizations.

Objectives. The work seeks to study the features of the current stage of development of the digital twin concept, as well as the directions of its evolvement; to propose a classification of digital twins depending on the complexity of the digital technologies used in them; to identify the boundaries of the concept of “digital twin of an organization”; to review existing approaches to the implementation of DTO; and to develop a model of the DTO architecture.

Methods. The work employed the methods of analyzing scientific publications of Russian and international authors, theoretical generalization and systematization of data obtained from open sources, as well as economic and organizational modeling.

Results. The study identified five stages of development of the digital twin concept. This concept, in accordance with the general law of evolution, developed under the influence of digital technologies corresponding to the period, while expanding its scope of application from a part of a product to a system, with an organization or an industrial enterprise being its special case. The work presents the characteristics of digital twins of the current stage, and proposes their classification depending on the complexity of implementation technologies. The work also identifies the boundaries of the concept of “digital twin of an organization.” The author formulated definitions of the concepts of “digital model of an organization” and “digital twin of an organization,” and outlined the key approaches to creating a DTO. Based on the classical approach, a model of the digital twin architecture for an industrial enterprise was developed.

Conclusions. As part of the implementation of digital transformation, understanding the features of the digital twin functioning and structure enables management to make informed management decisions that help maintain the organization competitiveness and increase the flexibility of its business activities. The developed model of the DTO architecture can be used by managers of enterprises implementing digital transformation.

Keywords: digital transformation, digital twin, digital model of an organization, digital twin of an organization

For citation: Tayurskaya I.S. Theoretical and practical aspects of creating a digital twin of an organization. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(4):430-441. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-4-430-441>

Введение

В качестве одной из национальных целей Российской Федерации (РФ) на период до 2030 г. установлено создание технологического лидерства, под которым понимают превосходство российских технологий по функциональным, техническим и стоимостным параметрам перед зарубежными аналогами [1]. Достижение указанной национальной цели предполагает проведение цифровой трансформации отечественных организаций и предприятий на основе новых технических решений с использованием сквозных технологий.

Происходящая цифровая трансформация российских компаний находит отражение

в ежегодных исследованиях, проведенных по инициативе Высшей школы бизнеса Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). В конце 2024 г. эксперты НИУ ВШЭ провели опрос 353 компаний из 15 отраслей экономики, выделив 16 направлений развития ИТ-технологий. После первичного анализа количество ключевых трендов сокращено до десяти [2]. Среди оставленных направлений особый интерес вызывает концепция цифрового двойника (далее — ЦД). Результаты исследования показали, что технологию ЦД в 2024 г. использовали 21,9 % респондентов, а 34,1 % опрошенных планируют ее внедрить. На вопрос о том, готовы ли компании, использующие ЦД, увеличивать

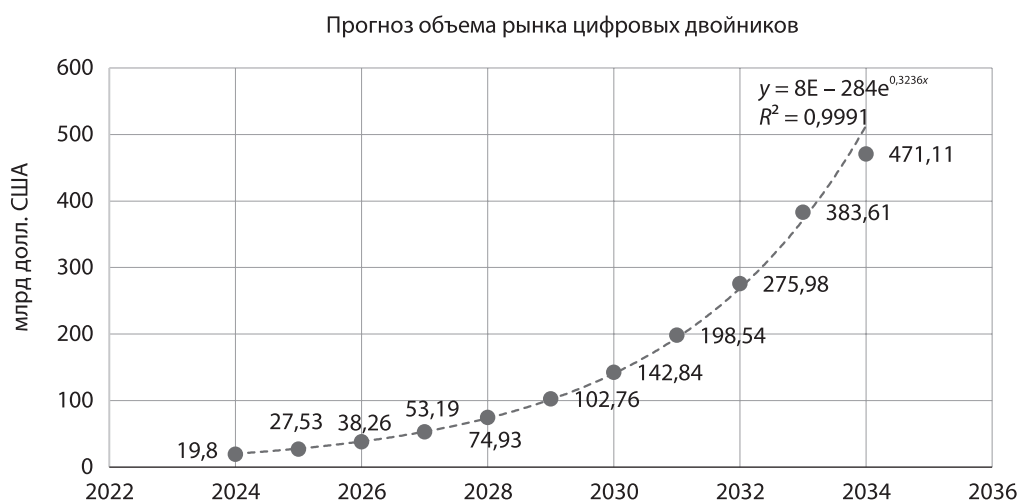


Рис. 1. Прогноз аналитической компании Precedence Research

Fig. 1. Forecast of the analytical company Precedence Research

Источник: составлено автором по данным [4].

в эти технологии инвестиции, 85,7 % респондентов ответили положительно [2]. Это свидетельствует фактически о ценности ЦД для опрошенных представителей российского бизнеса.

Многие исследовательские компании прогнозируют быстрый рост мирового рынка ЦД в течение следующих лет. Прогнозные данные известных аналитических агентств и консалтинговых компаний отличаются друг от друга, но все диагностируют быструю динамику роста. Например, в соответствии с прогнозом исследовательской консалтинговой компании Mordor Intelligence объем мирового рынка ЦД составит в 2029 г. 91,92 млрд долл. США по сравнению с 19,09 млрд долл. [3] в 2024 г. Компания Precedence Research прогнозирует экспоненциальный рост объема рынка ЦД до 2034 г. [4], как видно на рисунке 1. Аналитики указанной выше компании предполагают, что объем мирового рынка ЦД в 2034 г. достигнет 471,11 млрд долл. США, а среднегодовой темп роста с 2024 по 2034 г. — 37,38 % [4].

Итак, актуальность исследования обусловлена необходимостью достижения технологического лидерства, активностью внедрения ЦД в российских компаниях в условиях растущего мирового рынка ЦД.

Вопросы разработки и внедрения ЦД находят отражение как во многих научных изданиях, так и в разных интернет-источниках. Результат поиска в открытых источниках понятия «цифровой двойник» свидетельствует о разнообразии подходов и опре-

делений. Основоположителем концепции ЦД выступает профессор М. Гривс. С 2002 г. он развивал и уточнял предложенную им концепцию. Одно из наиболее точных с практической точки зрения определение ЦД исследователи М. Гривс и Дж. Викерс сформулировали в 2017 г.: «виртуальный продукт, детально описывающий реальный физический продукт и содержащий в себе всю необходимую информацию от микроуровня до макроуровня, что позволяет интегрировать данные в виртуальную модель» [5]. Представленное определение ограничивает объект моделирования исключительно физическим объектом.

Эволюция концепции ЦД исследована отечественными учеными, в частности А. Прохоровым и М. Лысачевым [6]. В таблице 1 указаны основные этапы развития концепции.

Возникновение концепции ЦД подготовлено внедрением целого ряда технологий. К началу 2000 г. на промышленных предприятиях существовала успешная практика внедрения систем инженерной графики (CAD), инженерных расчетов (CAE), системы автоматизации подготовки и управления производства (CAM), широко применяли практику наличия датчиков оборудования, требуемую для верификации и валидации цифровых моделей. В 70-е гг. XX в. при планировании и реализации космических запусков специалистами NASA продемонстрирована успешная практика использования ЦД. Во время планирования полетов

Этапы развития концепции цифровых двойников (ЦД)

Table 1. Stages of development of the digital twin (DT) concept

№	Период, гг.	Этап
1	1960–2002	Технологические предпосылки
2	2002–2010	Формирование концепции ЦД
3	2010–2014	Развитие концепции ЦД в рамках аэрокосмической отрасли
4	2014–2022	Расширение спектра применения концепции ЦД
5	2022 — настоящее время	Появление новых классов ЦД при использовании сквозных технологий: активное внедрение интеллектуальных и когнитивных ЦД

Источник: составлено автором на основе [6].

в космос подобные технологии использованы и советскими инженерами.

Период 2002–2010 гг. характеризовался развитием концепции ЦД, предложенной М. Гривсом. Понятие ЦД рассматривали сквозь призму управления жизненным циклом изделия, его назначение заключалось в преодолении разрыва между процессами разработки, производства и эксплуатации. Основу концепции составляло положение о том, что любой объект материального мира может быть зеркально представлен в виртуальном мире. Предполагалось двойное отражение: виртуальный образ отражает физический объект, физический объект — виртуальный образ, при наличии двойных информационных связей между ними.

2010–2014 гг. ознаменованы развитием концепции ЦД внутри аэрокосмической индустрии. В указанный период ЦД трактуют как некую цифровую копию определенного физического объекта. Виртуальная составляющая построена на основе компьютерной реализации математических моделей физических процессов, она собирала и хранила информацию о существующем в действительности объекте в процессе его эксплуатации. Функционирование виртуальной составляющей двойника позволило разработать предложения об оптимизации работы его физической составляющей. Применение инструментов предиктивной аналитики предоставило возможность сделать прогноз о функционировании такого объекта в будущем. В рассматриваемый период концепция ЦД связана исключительно с производством промышленной продукции.

На следующем этапе, в 2014–2022 гг., происходит постепенное расширение спектра использования концепции ЦД для различных отраслей при сохранении направленности на результат конкретной де-

ятельности. По мере роста применений ЦД для различных профессиональных групп стали появляться многочисленные толкования термина «цифровой двойник», возникла дополнительная классификация типов ЦД. Главные подходы к определению концепции ЦД в России и за рубежом для рассматриваемого периода подробно исследованы представителями научной школы производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого под руководством профессора А. И. Боровкова [7]. Полный сравнительный анализ определений и характеристик, связанных с концепцией ЦД, находит отражение в работе А. А. Кравченко [8] и Н. Н. Лычкиной [9]. До 2015 г. и в научном сообществе, и у представителей бизнеса ЦД ассоциировался исключительно с двойниками промышленных изделий. Затем произошло дальнейшее расширение понятия ЦД, согласно которому «цифровой двойник — это цифровая копия живой или неживой физической сущности. Соединяя физический и виртуальный мир, данные передаются незаметно, позволяя виртуальной сущности существовать одновременно с физическим сущностью» [10]. ЦД стали трактовать как некое «реалистичное цифровое представление активов, процессов или систем в искусственной или естественной среде» [11].

В текущем пятом периоде наблюдается экспоненциальный рост общего количества публикаций о ЦД [12]. Этап характеризуется применением технологии ЦД в качестве одного из базовых технологических трендов. Внедрение ЦД рассматривают большинство ведущих компаний мира как глобальное конкурентное преимущество. Анализ публикаций периода демонстрирует тенденцию развития концепции ЦД в направлении его

Классы уровней сложности цифровых двойников (ЦД)

Table 2. Classes of complexity levels of digital twins (DT)

Уровень	Класс ЦД	Характеристика
1	Виртуальная модель Pre-Digital Twin	Предназначена для снижения рисков на ранних этапах разработки системы. Модель создается и применяется только на этапе концептуального проектирования. Для создания окончательной версии системы не применяется
2	ЦД Digital Twin	Представляет собой совокупность компьютерных моделей, адекватных реальному объекту. Для своей актуализации виртуальное представление получает данные от реальной части ЦД на всех стадиях жизненного цикла, которые использует для поддержки принятия решений. Коммуникация между виртуальным и физическим представлениями является двунаправленной, реализуя взаимовлияние составляющих
3	Адаптивный ЦД Adaptive Digital Twin	Реализует принятие решений в режиме реального времени. Расширяет функционал предыдущего уровня за счет адаптивного пользовательского интерфейса. Ключевой особенностью данного класса служит способность изучать предпочтения оператора ЦД. Используются технологии машинного обучения нейронной сети
4	Интеллектуальный ЦД Intelligent Digital Twin	Представляют собой расширение функциональности предыдущего класса. Двойник выявляет имеющиеся закономерности за счет самостоятельного машинного обучения на потоке данных от реальной составляющей; реализует методы глубокого обучения для решения прогнозных задач, задач оптимизации и задач обнаружения возможных аномалий в функционировании объекта
5	Когнитивный ЦД Cognitive Digital Twins	Представляет собой расширение предыдущего класса ЦД за счет реализации коммуникационных и аналитических функциональных возможностей. Центральной компонентой архитектуры ЦД служит база знаний, созданная на основе технологии графа знаний и связанных с ним моделей искусственного интеллекта

Источник: составлено автором на основе [13; 14].

интеллектуализации [13; 14]. ЦД пятого этапа — это обладающие высокоуровневым человеко-машинным интерфейсом интеллектуальные ЦД, способные к самостоятельной оптимизации функционирования. Прослеживается четкая тенденция расширения области применения ЦД, от объекта к системе. В таблице 2 дано описание классов ЦД в зависимости от уровня сложности используемых технологий реализации [13; 14].

Представленный выше анализ свидетельствует о том, что концепция ЦД ввиду общего закона эволюции развивалась под влиянием внедрения соответствующих периоду развития технологий реализации, расширяя область применения за счет отраслевой и пользовательской дифференциации. Это отражено на рисунке 2.

На рисунке 2 показана эволюция области применения ЦД, наблюдается переход от простых объектов и процессов к более сложным, масштабным. Можно выделить следующие области применения:

- отдельный компонент изделия;
- изделие/продукт (авиадвигатель, корабль, вертолет, автомобиль);
- цех/структурное подразделение;
- технологический процесс;
- предприятие/организация;

- предприятие/организация с его окружением (клиенты, контрагенты);
- здание;
- город;
- крупные объекты инфраструктуры (например, подземные коммуникации);
- территории.

Из перечисленных выше областей в настоящем исследовании наибольший интерес вызывает организация/предприятие. В условиях стремительных изменений экономической среды конкурентным преимуществом организации становится ее способность адаптироваться к этим изменениям, а значит, поддерживать постоянный процесс обновления методов управления. Цель внедрения ЦДО — реализация создания управленческих решений, учитывающих возможные в будущем изменения внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на успешное существование и развитие организации. ЦДО позволяет выявить возможные в будущем ситуации, в том числе и критические, и выполнять анализ прогнозных гипотез.

Это становится актуальным в условиях стремительного развития цифровых технологий при реализации цифровой трансформации российских компаний. Рост количества подключенных к сети вычислительных

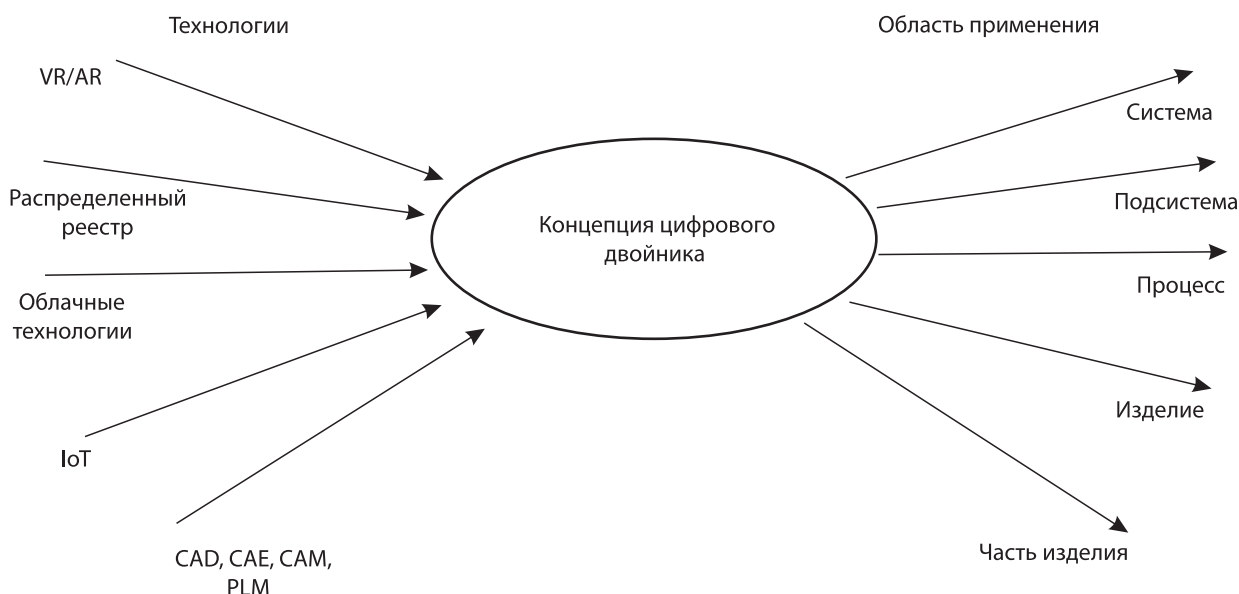


Рис. 2. Эволюция концепции цифрового двойника
Fig. 2. Evolution of the digital twin concept

Источник: составлено автором.

и промышленных устройств организации, повсеместная оцифровка организационных процессов создают условия для внедрения ЦДО. Данные, поступающие из активов предприятия, сотрудников и бизнес-процессов, могут быть объединены в общую интегрированную цифровую модель ЦД. Созданный на базе цифровой модели ЦДО становится инструментальным средством разработки управленческих решений, которое способно изменяться по мере развития организации. ЦДО позволяет тщательно проверять эффективность потенциальных управленческих решений на базе разработанных сценариев развития. Научная новизна настоящего исследования состоит в разработке авторской модели архитектуры ЦД промышленного предприятия в соответствии с текущим состоянием цифровой трансформации российских организаций.

Материалы и методы

При подготовке статьи использованы методы анализа научных изданий российских и зарубежных авторов, экономико-организационного моделирования, теоретического обобщения и систематизации данных, полученных из открытых источников. Информационной базой исследования послужили материалы российских и зарубежных исследовательских организаций, размещенные в открытом доступе.

Результаты и их обсуждения

Проведенный анализ определений ЦД в многочисленных российских и зарубежных источниках [7; 8; 9] позволил выявить границы понятия «цифровой двойник организации», как видно на рисунке 3. С учетом этого нами сформулированы следующие определения:

- цифровая модель организации (ЦМО) — единая система, элементом которой является необходимый и достаточный набор связанных с организацией электронных документов, а также математических и компьютерных моделей, описывающая деятельность организации;
- ЦД организации — единая система, элементами которой служат ЦМО и функциональная составляющая организации. ЦД организации позволяет анализировать, контролировать и прогнозировать ее деятельность.

ЦДО реализуется посредством использования совокупности цифровых технологий. Пятый этап развития концепции ЦД характеризуется отсутствием типовых наработанных годами решений, подробных отраслевых стандартов, универсальных методик построения ЦДО. Однако ряд исследователей в России и за рубежом пытаются обобщить опыт создания и внедрения ЦДО [15; 16].

С учетом проведенного анализа информационных источников нами выделены ключевые технологические подходы к созданию

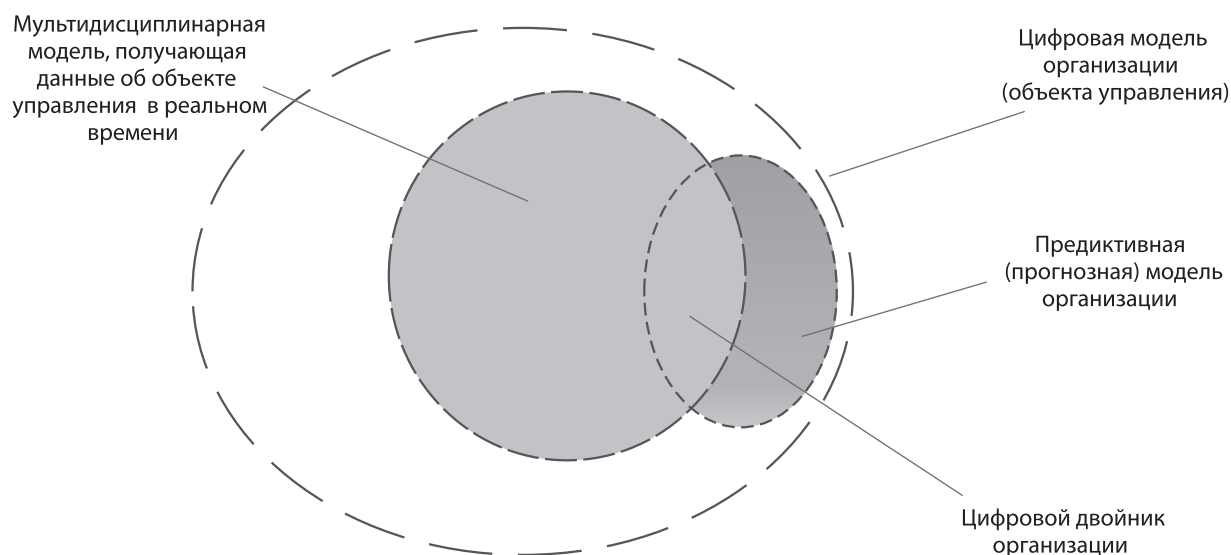


Рис. 3. Границы понятия «цифровой двойник организации»

Fig. 3. Boundaries of the concept of "digital twin of an organization"

Источник: составлено автором.

Таблица 3

Основные подходы к созданию цифровых двойников

Table 3. Main approaches to creating digital twins

Подход	Класс уровня сложности	Основные характеристики
Классический	1–2	Основан на использовании информационных технологий управления. Использует имеющиеся на предприятии информационные системы и технологии для решения задач планирования и оптимизации ресурсов. Преимущества: легко встраивается в информационную систему организации, на рынке существуют предложения готовых программных продуктов для реализации ЦДО. Недостаток: существует проблема реакции по событиям, необходимая для синхронизации реальной и виртуальной составляющих
Нейронные сети	3–4	Подход предполагает использование накопленных исторических данных предприятия. Для обучения нейронной сети использует технологии машинного обучения. Может давать устойчивое решение при наличии ошибок в данных, требует долгого обучения и полной выборки массивов обучающих данных. На рынке существует ограниченный набор предложений готовых программных продуктов для реализации ЦДО
Мультиагентные технологии и базы знаний	3–5	Путем разбора конфликтов возможно решать сложные задачи управления ресурсами. Присутствует легкость реализации адаптивного режима для быстрой реакции на возникающее событие в реальной составляющей ЦД. Наличие базы знаний как основы построения ЦДО упрощает реализацию учета семантики предметной области. Недостатки: при изменении ситуации во внешнем мире требует коррекции базы знаний и состава агентов, существуют трудности внедрения за счет пересмотра имеющихся в организации бизнес-процессов

Источник: составлено автором на основе [15; 16].

ЦДО. Их сравнительные характеристики изложены в таблице 3.

Как показывает практика проведения цифровой трансформации [17; 18], для руководителей российского бизнеса психологически комфортным является применение классического подхода, основанного на информационных технологиях управления. Данное обстоятельство послужило причиной выбора классического подхода для продолжения исследования. На рисунке 4 представлена модель архитектуры ЦД про-

мышленного предприятия сквозь призму информационных технологий управления при реализации классического подхода.

Информация от физической составляющей ЦД в виде потока данных и потока событий поступает на соответствующие информационные системы ЦМО. Последняя проверяет поступившие данные и вырабатывает соответствующие рекомендации. Как физическая составляющая ЦД состоит из производственных подразделений и подразделений управления, так и ЦМО складывается

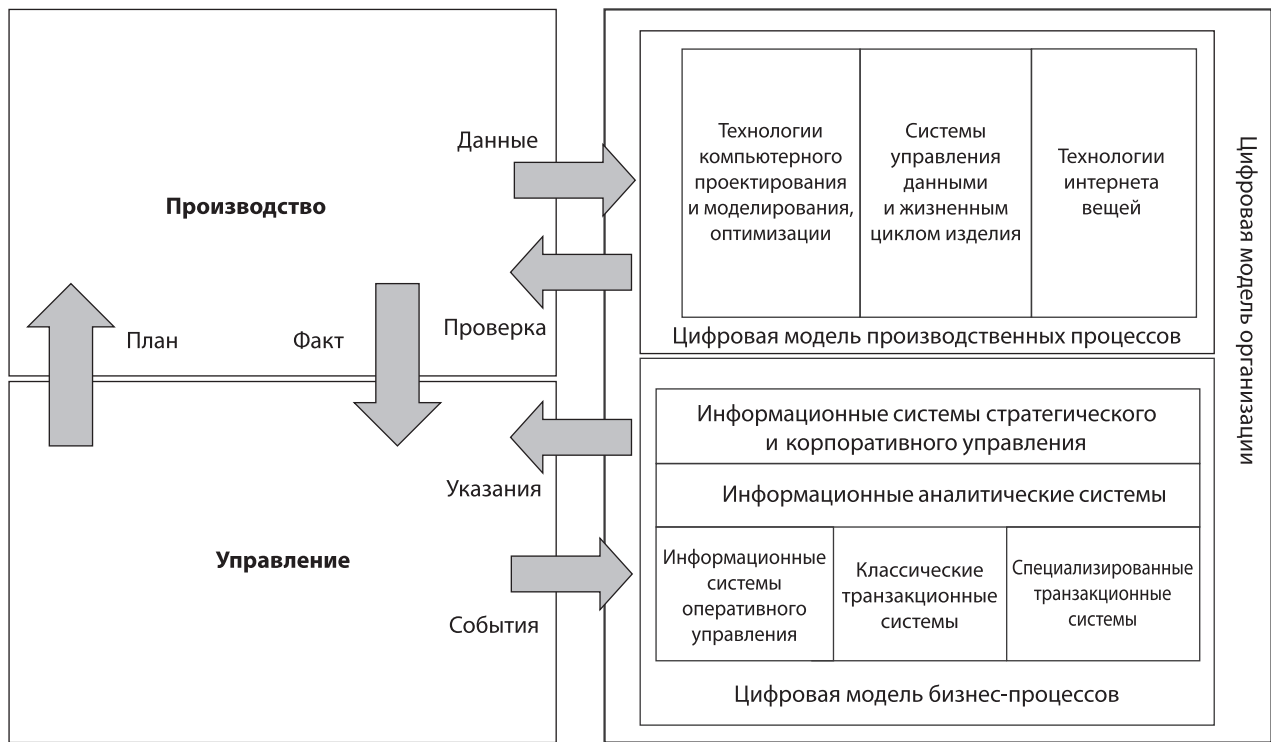


Рис. 4. Модель архитектуры цифрового двойника промышленного предприятия
 Fig. 4. Model of the digital twin architecture of an industrial enterprise

Источник: составлено автором.

из цифровой модели производственных процессов и цифровой модели бизнес-процессов. Далее нами перечислены функции ЦД промышленного предприятия:

- создает описание организационной структуры предприятия;
- на всех уровнях управления выполняет построение планов работы и контролирует исполнение планов;
- разрабатывает сценарии возможного развития событий;
- выполняет прогнозную и фактическую оценки эффективности деятельности;
- определяет производственные процессы и бизнес-процессы;
- для каждого процесса создает и поддерживает реестр описаний классов задач;
- для выполнения каждой задачи создает спецификацию продукции и ресурсов.

Описание выделенных на рисунке 4 составляющих ЦМО находит отражение в таблице 4. При описании характеристик составляющих использованы международные аббревиатуры.

Современный этап развития информационных технологий управления характеризуется разнообразием решаемых задач. Различные методологические подходы к по-

строению архитектуры предприятия предполагают некую свободу в выборе используемых технологий. Поэтому представленное в таблице 4 и на рисунке 4 разделение по группам можно считать условным. Информационные потоки в ЦМО тесно переплетаются и зависят от реализуемых в них архитектурных подходов.

Построение ЦД предполагает включение в ЦД динамических имитационных моделей, получающих данные, отражающие текущее состояние организации в действительности. Функциональной составляющей ЦД является организация с присущей ей бизнес-архитектурой и ИТ-архитектурой. С технологической точки зрения ЦДО при классическом подходе должен быть разработан в единой среде бизнес-моделирования, интегрированной с аналитическими системами и системами хранилищ данных, включать в себя технологии работы с большими данными, иметь постоянный доступ к актуальной информации организации.

При классическом подходе предполагается, что бизнес-архитектуру, ИТ-архитектуру, архитектуру данных, архитектуру приложений разрабатывают одновременно и что они связаны между собой. В формализован-

Составляющие элементы цифровой модели промышленного предприятия

Table 4. Components of the digital model of an industrial enterprise

Сфера деятельности	Информационные системы / Информационные технологии	Название	Характеристики ИС/ИТ
Производство	Технологии компьютерного проектирования, моделирования и оптимизации	CAD	Прикладное программное обеспечение (ПО) для автоматизации процесса разработки конструкторской документации
		CAE	Прикладное ПО для прогнозирования поведения инженерной модели изделия в реальных эксплуатационных условиях. Дает возможность предварительно оценить работоспособность изделия
		CAO	Прикладное ПО топологического инжиниринга
	Системы управления данными и жизненным циклом изделия	PDM	Прикладное ПО для управления данными о продукте
		PLM	Прикладное ПО для управления данными об изделиях на этапах производства и эксплуатации. Объединение функциональных возможностей CAD и CAE
	Технологии интернета вещей	IoT	Сложная многоуровневая и многокомпонентная система, в которую входят средства передачи данных и их визуализации; аппаратно-программные контроллеры, датчики, инструментальные средства аналитической интерпретации собранных данных и извлечения на их основе информации и др.
Управление	Информационные системы оперативного управления	ECM	Прикладное ПО управления корпоративным контентом
		DMS	Системы управления документами; при наличии развитой системы ECM могут отсутствовать
		CSP	Технологии в целях управления отдельными видами корпоративного контента для различных бизнес-задач. Представляют собой совокупность интегрированного набора приложений и микросервисов, которые используют общие API и репозитории
		PM	Системы управления проектами
	Классические транзакционные системы	EAS	Интегрированные системы управления предприятием
		ERP	Прикладное ПО для управления ресурсами предприятия; используют для автоматизации основных бизнес-процессов предприятия
		CRM	Прикладное ПО для поддержки взаимоотношений с клиентами
		SRM	Прикладное ПО для поддержки взаимоотношений с поставщиками
		SCM	Прикладное ПО для управления цепочками поставок
	Специализированные транзакционные системы	WMS	Прикладное ПО для управления складами
		CMMS	Прикладное ПО для управления техническим обслуживанием (ремонт)
		MES	Прикладное ПО для оперативного (цехового) управления производственными процессами
		SKADA	Прикладное ПО для автоматизированного управления технологическими процессами
	Информационные аналитические системы	BI	Прикладное ПО для реализации технологий бизнес-аналитики. Используют инструменты OLAP и инструменты Data Mining
		BPMS	Прикладное ПО для управления бизнес-процессами; используют различные языки моделирования и нотации
	Информационные системы стратегического и корпоративного управления	CPM	Прикладное ПО для управления эффективностью корпорации; реализуют методологию сбалансированных показателей
		GRC	Прикладное ПО для поддержки системы внутреннего контроля
		ERM	Прикладное ПО для управления рисками
		PI PMining	Прикладное ПО для интеллектуального анализа бизнес-процессов с целью непрерывного повышения их эффективности; используют цифровые следы пользователей
		PPM	Прикладное ПО для управления портфелями проектов предприятия
		KM	Технологии управления корпорационными знаниями

Источник: составлено автором.

ный электронный формат переводят в целом информацию о деятельности организации.

При классическом подходе ЦМО представляет собой набор структурированных справочников, электронных документов в сочетании с визуальными моделями бизнес-процессов. Оцифровке подвергаются показатели, метрики объектов и процессов всех уровней управления. Набор показателей для оцифровки каждая организация выбирает самостоятельно, учитывая ее специфику; в них включают временные и стоимостные показатели, показатели, отражающие удовлетворенность клиентов организации. Например, для ИТ-инфраструктуры собирают данные с физических датчиков, для элементов корпоративной информационной системы организации — метрики, измеряющие ее функционирование (время обработки запроса), для сотрудников — статическую и динамическую информацию из системы мотивации, а также оцифровывают ключевые индикаторы рисков, которые помогают отслеживать внешние и внутренние негативные воздействия на деятельность организации.

Выводы

Подводя итог, укажем, что настоящее исследование позволяет сформировать актуальное понимание процесса создания ЦДО, адекватное текущему состоянию цифровой трансформации российских компаний. Нами показана эволюция развития концепции ЦД, выделено и рассмотрено пять этапов развития. Особое внимание уделено текущему (пятому) этапу. Для него характерны следующие особенности:

- наблюдается и прогнозируется быстрый рост мирового рынка ЦД;
- наблюдается расширение области применения ЦД, от отдельного компонента изделия до территории и региона;
- расширяется набор используемых технологий: от полнофункциональных цифровых моделей физических активов до интеллектуальных систем, на основе сквозных технологий;
- внедрение ЦД становится одним из основных драйверов цифровой трансформации организаций/предприятий.

В процессе исследования:

- выявлены границы понятия «цифровой двойник организации», что послужило основанием для определения понятий «цифровая модель организации», «цифровой двойник организации»;
- структурирована извлеченная из информационных источников информация, а также рассмотрены характерные особенности классов современных ЦД в зависимости от уровня сложности используемых технологий.

На основе результата анализа извлеченной из предметной области информации определены главные подходы к созданию ЦДО с учетом выявленных ранее классов ЦД. Для классического подхода разработана модель архитектуры ЦД промышленного предприятия. Таким образом, можно сделать вывод о том, что цель исследования достигнута, задачи решены.

ЦДО, как комплексное инструментальное средство, предназначен для реализации эффективного управления организацией в эпоху неопределенности и изменений. С помощью ЦДО организации могут быстро адаптировать свои процессы под новые требования клиентов или законодательства. Главным преимуществом ЦД служит принятие решений на основе прогнозирования будущих сценариев. Разработанная модель архитектуры ЦДО представляет собой инструмент, который позволит руководителям российского бизнеса осуществить процесс цифровой трансформации организации. Руководители, используя ЦД, имеют возможность в режиме реального времени анализировать результаты функционирования организации. Это позволит им не только оперативно реагировать на изменения в экономической среде, но и формировать краткосрочные и среднесрочные стратегии развития компании. Понимание характера функционирования и структуры ЦДО, анализ успешных отраслевых внедрений ЦД предоставит руководству компании возможность принимать эффективные управленческие решения при проведении цифровой трансформации.

Список источников

1. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015/> (дата обращения: 27.03.2025).

2. Российские ИТ-тренды 2025 года: исследование Высшей школы бизнеса НИУ ВШЭ // Cnews. 2024. 18 ноября. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-11-18_rossijskie_it-trendy_2025_goda (дата обращения: 27.03.2025).
3. Analysing Digital Transformation Market Size and Share – Growth Trends and Forecasts (2024–2029) // Mordor Intelligence. 2024. URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/digital-transformation-market> (дата обращения: 27.03.2025).
4. Digital twin market size, share, and trends 2025 to 2034 // Precedence Research. 28 June. 2024. URL: <https://www.precedenceresearch.com/digital-twin-market> (дата обращения: 04.02.2025).
5. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems // Transdisciplinary perspectives on complex systems: New findings and approaches. 2017. P. 85–113. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
6. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: АльянсПринт, 2020. 401 с.
7. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности: монография / под ред. А. И. Боровкова. СПб.: Политех-Пресс, 2022. 492 с.
8. Кравченко А. А. Природа, сущность и классификация цифровых двойников // Экономика и управление. 2025. Т. 31. № 1. С. 125–134. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-1-125-134>
9. Лычкина Н. Н., Павлов В. В. Концепция цифрового двойника и роль имитационных моделей в архитектуре цифрового двойника // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД — 2023): сб. тр. XI всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (Казань, 18–20 октября 2023 г.) / науч. ред. В. В. Девятков. Казань: Изд-во Академии наук Республики Татарстан, 2023. С. 139–149.
10. El Saddik A. Digital Twins: The Convergence of Multimedia Technologies // IEEE MultiMedia. 2018. Vol. 25. No. 2. P. 87–92. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2018.023121167>
11. Elliott C. A Digital Twin for the Supply Chain // WhereNext. 11 October. 2017. URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/publications/wherenext/digital-twin-for-supply-chain-management/> (дата обращения: 01.04.2025).
12. Adeagbo M. O., Wang S. M., Ni Y. Q. Revamping structural health monitoring of advanced rail transit systems: A paradigmatic shift from digital shadows to digital twins // Advanced Engineering Informatics. 2024. Vol. 61. Article 102450. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102450>
13. Madni A. M., Madni C. C., Scott D. L. Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering // Systems. 2019. Vol. 7. No. 1. Article 7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>
14. Сухомлин В. А., Намиот Д. Е., Гапанович Д. А. Анализ тенденций развития цифровых двойников нового поколения // International Journal of Open Information Technologies. 2024. Vol. 12. No. 7. С. 119–130.
15. Царев М. В., Андреев Ю. С. Цифровые двойники в промышленности: история развития, классификация, технологии, сценарии использования // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2021. Т. 64. № 7. С. 517–531. <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2021-64-7-517-531>
16. Tao F., Sui F., Liu A., Qi Q., Zhang M., Song B., Guo Z., Lu S. C.-Y., Nee A. Y. C. Digital twin-driven product design framework // Intern. Journal of Production Research. 2019. Vol. 57. No. 12. P. 3935–3953. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443229>
17. Жарасов Б. С., Абрамов В. И. Цифровые двойники в управлении производством: принципы создания, проблемы внедрения и перспективы развития // Современная экономика: проблемы и решения. 2024. № 6. С. 80–94. <https://doi.org/10.17308/mepr/2078-9017/2024/6/80-94>
18. Абрамов В. И., Бобоев Д. С., Гильманов Т. Д., Семенков К. Ю. Теоретические и практические аспекты создания цифрового двойника компании // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 2. С. 967–980. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.2.114890>

References

1. On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future up to 2036. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2024 No. 309. Official Internet Portal of Legal Information. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202405070015/> (accessed on 27.03.2025). (In Russ.).
2. Russian IT trends 2025: Research by the Higher School of Business of the National Research University Higher School of Economics. CNews. Nov. 18, 2024. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-11-18_rossijskie_it-trendy_2025_goda (accessed on 27.03.2025). (In Russ.).
3. Analysing digital transformation market size and share — growth trends and forecasts (2024–2029). Mordor Intelligence. 2024. URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/digital-transformation-market> (accessed on 27.03.2025).
4. Digital twin market size, share, and trends 2025 to 2034. Precedence Research. Jun. 28, 2024. URL: <https://www.precedenceresearch.com/digital-twin-market> (accessed on 04.02.2025).
5. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In: Kahlen J., Flumerfelt S., Alves A., eds. Transdisciplinary per-

- spectives on complex systems: New findings and approaches. Cham: Springer-Verlag; 2017:85-113. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
6. Prokhorov A., Lysachev M. Digital twin: Analysis, trends, world experience. Moscow: AlliancePrint; 2020. 401 p. (In Russ.).
 7. Borovkov A.I., ed. Digital twins in high-tech industry. St. Petersburg: Polytech-Press; 2022. 492 p. (In Russ.).
 8. Kravchenko A.A. Nature, essence, and classification of digital twins. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(1):125-134. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-1-125-134>
 9. Lychkina N.N., Pavlov V.V. The concept of a digital twin and the role of simulation models in the architecture of a digital twin. In: Devyatkov V.V., ed. Simulation modeling: Theory and practice (IMMOD-2023). Proc. 11th All-Russ. sci.-pract. conf. on simulation modeling and its application in science and industry (Kazan, October 18-20, 2023). Kazan: Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan Publ.; 2023:139-149. (In Russ.).
 10. El Saddik A. Digital twins: The convergence of multimedia technologies. *IEEE MultiMedia*. 2018;25(2):87-92. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2018.023121167>
 11. Elliott C. A digital twin for the supply chain. WhereNext. Oct. 11, 2017. URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/publications/wherenext/digital-twin-for-supply-chain-management/> (accessed on 01.04.2025).
 12. Adeagbo M.O., Wang S.-M., Ni Y.-Q. Revamping structural health monitoring of advanced rail transit systems: A paradigmatic shift from digital shadows to digital twins. *Advanced Engineering Informatics*. 2024;61:102450. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102450>
 13. Madni A.M., Madni C.C., Scott D.L. Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering. *Systems*. 2019;7(1):7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>
 14. Sukhomlin V.A., Namiot D.E., Gapanovich D.A. Analysis of development trends of new generation digital twins. *International Journal of Open Information Technologies*. 2024;12(7):119-130. (In Russ.).
 15. Tsarev M.V., Andreev Yu.S. Digital twins in industry: Development history, classification, technologies, use cases. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Priborostroenie = Journal of Instrument Engineering*. 2021;64(7):517-531. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2021-64-7-517-531>
 16. Tao F., Sui F., Liu A., et al. Digital twin-driven product design framework. *International Journal of Production Research*. 2019;57(12):3935-3953. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443229>
 17. Zharasov B.S., Abramov V.I. Digital twins in production management: Creation principles, implementation problems and development prospects. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya = Modern Economics: Problems and Solutions*. 2022;(6):80-94. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/meps/2078-9017/2024/6/80-94>
 18. Abramov V.I., Boboev D.S., Gilmanov T.D., Semenov K.Yu. Theoretical and practical aspects of creating a company's digital twin. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2022;12(2):967-980. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.12.2.114890>

Сведения об авторе

Ирина Соломоновна Таюрская

кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры информационных технологий
и математики

Санкт-Петербургский университет технологий
управления и экономики

190020, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр.,
д. 44а

Поступила в редакцию 03.04.2025
Прошла рецензирование 18.04.2025
Подписана в печать 07.05.2025

Information about the author

Irina S. Tayurskaya

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Information Technology and Mathematics

St. Petersburg University of Management
Technologies and Economics

44A Lermontovskiy Ave., St. Petersburg 190020,
Russia

Received 03.04.2025
Revised 18.04.2025
Accepted 07.05.2025

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликта интересов,
связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest
related to the publication of this article.