



УДК 004.9+006:69

Д. А. КУРГАНОВ, аспирант кафедры инженерной графики и информационного моделирования; **С. И. РОТКОВ**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры инженерной графики и информационного моделирования

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ЗДАНИЙ – КАК РАЗВИВАЮТСЯ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет».

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

Тел.: (831) 430-54-92; эл. почта: kurganov.99@inbox.ru

Ключевые слова: цифровое моделирование, цифровой двойник, жизненный цикл здания, BIM-технология, цифровизация.

Переход строительной отрасли к более высокому уровню конкурентоспособности связан с внедрением и использованием цифровых технологий. Традиционные методы обработки данных не способны эффективно справляться с объемами информации, генерируемыми современными строительными компаниями. В данной статье рассматриваются аспекты применения технологии цифровых двойников в строительной сфере, существующие международные и российские стандарты, регулирующие использование цифровых двойников. Основной целью статьи является проанализировать существующее состояние нормативно-правовой базы в области цифровых двойников в строительном секторе. В работе рассматривается определение цифровых двойников, их особенности, взаимосвязь нормативной базы между промышленным и строительным сектором, анализируются отличия между технологиями информационного моделирования и цифровых двойников, а также подробно рассматриваются государственные стандарты в России и мире, пути развития национальных стандартов.

Переход на цифровые технологии затрагивает все сферы жизни общества. Одним из важных аспектов, где такой переход является ключевым, – анализ и принятие решений, а также изменение процесса выполнения или поведения проектируемого или изготавливаемого объекта при помощи цифровых двойников [1-2]. Имеются очень подробные обзоры в области ЦД [3-5].

Изначально развитие цифровых технологий начало происходить, в большей степени, в производственном секторе. Строительная отрасль традиционно последовательно внедряет технологии, которые уже доказали свою ценность в других отраслях промышленности [6]. Развитие технологий по автоматизации производственного процесса сформировал необходимые условия для создания концепции четвертой промышленной революции – *Industry 4.0*. Данная концепция разрабатывалась с 2006 году рамках государственной *Hi-Tech*-стратегии правительства Германии, как один из десяти проектов, направленных на изменение тенденции экономического кризиса 2008–2009 гг. по реиндустриализации Германии [7]. Концепция была представлена в 2011 году на Ганноверской выставке авторами Кагерманн Х., Лукас В., Вальстер В. – представителями бизнеса, политики и науки [8-9]. Внедрение концепции *Industry 4.0* на предприятиях представляет собой переход к интеллектуальному



производству, основанному на многомасштабном динамическом моделировании, симуляции и использовании интеллектуальных систем для принятия решений, что позволяет значительно расширить производственные возможности [10]. Данный подход в полной мере представляется в концепции цифрового двойника.

Цифровой двойник – это виртуальная копия физического объекта или системы, которая может моделировать, анализировать и оптимизировать его реальный аналог. По сути, это цифровое представление физического актива, продукта или процесса, который может быть использован, чтобы контролировать и оптимизировать его производительность [11].

Этот подход включает в себя использование комплексных цифровых моделей физических активов, которые имеют [12-14]:

- высокий уровень соответствия свойствам и поведению физического объекта;
- зеркальную информационную взаимосвязь между ЦД и реальным объектом, превращающую активы в целостную кибер-физическую систему (*Cyber-Physical System – CPS*), что позволяет управлять активами напрямую и через их цифровой вид.

Цифровые двойники активно развиваются как неотъемлемая часть современной строительной отрасли. Эти модели накапливают и анализируют обширные данные о конструктивных и технических характеристиках объектов, что делает их незаменимыми для управления жизненным циклом зданий. Как отмечается в исследованиях, «цифровой двойник – это цифровое представление реального объекта или системы с его виртуальным дополнением, которое позволяет адекватно моделировать текущее состояние и прогнозировать изменения состояния производственного процесса» [15].

Основой цифрового двойника часто становится *BIM*-модель, которая появляется на этапе проектирования и может предоставлять только статические данные о построенной среде и не может автоматически обновлять информацию в моделях в режиме реального времени. Также стоит отметить, что зачастую на этапе строительства и эксплуатации информация формируется и хранится в виде огромной базы данных, не предназначенной для оперативной работы и зачастую состоящую из различных файлов из форматов данных с разной структурой. Технология *BIM* не подразумевает возможность обработки подобного объема данных [16].

Для того, чтобы *BIM*-модель стала цифровым двойником, она должна быть дополнена информацией о текущем состоянии физического объекта (актива) [17]:

- на этапе стройки – о реальном процессе возведения объекта и решениях, которые не были заложены в изначальном проекте;
- на этапе эксплуатации – данные о текущем состоянии и об изменениях конструкций после сдачи объекта, об установленном оборудовании и его состоянии, о статусе работы датчиков и умных устройств.

Использование технологии цифрового двойника позволяет на основе реальных данных объединить всю информацию об объекте и обеспечить обмен информацией между различными платформами [18].

Одной из ключевых особенностей цифровых двойников является их способность к обновлению в реальном времени, что обеспечивает точность и актуальность данных. Это свойство позволяет не только моделировать текущее состояние объектов, но и предсказывать их будущее поведение. Важность такого

подхода к управлению объектами заключается в возможности достижения высокой надежности и эффективности эксплуатации. Цифровые двойники также обеспечивают интеграцию и обмен данными между различными системами и участниками строительного процесса благодаря международным и национальным стандартам.

В данной статье будут рассмотрены различные аспекты развития стандартизации цифровых двойников зданий в России и мире. Будет проанализировано значение стандартизации цифровых двойников, применение цифровых двойников в строительстве, инновации в этой области.

Цифровой двойник

Впервые концепция и модель цифрового двойника были публично представлены в 2002 г. Майклом Гривсом на конференции Общества инженеров-технологов в г. Трой, штат Мичиган. Гривс предложил цифрового двойника в качестве концептуальной модели, лежащей в основе управления жизненным циклом изделия [19]. Дальнейшее развитие технология «цифровых двойников» получила в 2015 году одновременно с искусственным интеллектом и интернетом вещей. На пике, по данным исследования *Gartner Hype Cycle for IoT*, она оказалась в 2018 году. Более подробная история развития цифрового двойника представлена в статье [20].

В строительной отрасли термин цифровой двойник часто объединяют с *BIM*-моделью, однако между ними существуют определенные различия. Модель *BIM* представляет собой трехмерное цифровое представление здания, которое включает в себя как геометрические, так и атрибутивные данные об элементах [21]. Стоит отметить, что наполненная информацией *BIM*-модель с информацией о времени строительства (*4D*) и стоимости (*5D*) является хорошей основой для последующего формирования цифрового двойника.

Цифровой двойник аккумулирует данные и использует симуляции для формирования модели, функционирующей аналогично своему реальному прототипу. Методология цифрового двойника исключает все предположения при проектировании, заменяя их фактическими данными и, таким образом, создавая работоспособную модель объекта в реальном времени.

BIM ориентирован на проектирование зданий. Цифровой двойник представляет собой симуляцию взаимодействия специалистов с окружающей средой в процессе строительства и эксплуатации здания или сооружения. Неправильно рассматривать технологию *BIM* как цифровое физическое пространство объекта. *BIM* предоставляет возможность разработать качественный проект, в то время как цифровой двойник служит для моделирования цифровой копии реализованного физического объекта и его местоположения (рис. 1) [22].

BIM	Цифровой двойник
Использует информацию для проектирования зданий	Использует информацию для управления процессами и персоналом
Исходная модель здания	Приближенная к реальности цифровая копия объекта
База данных функциональных компонентов частей здания	База данных действий в режиме реального времени
Не предназначен для оперативного управления строительством	Так как используются данные возведения объекта в режиме реального времени, то имеется возможность оперативно управлять процессами
Возможность создания качественного и полного проекта строительства объекта, но невозможно осуществлять прогнозирование управления строительством здания.	Используя реальные данные, позволяет управлять процессами и планировать дальнейшие действия в целях качественного строительства или обслуживания объекта
Визуализация проектирования	Управление взаимодействием специалистов в процессе строительства

Рис. 1. Таблица основных отличий технологии *BIM* и цифрового двойника [18]

В России с 1 января 2022 года действует ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения», который дает определение цифрового двойника и определяет порядок разработки цифровых двойников, типовые требования к структуре и порядку их сопровождения и т.д. Данный стандарт разработан с учетом потребностей машиностроения, но может быть применен и для строительной отрасли. Согласно ГОСТ 57700.37–2021, цифровой двойник (ЦД) – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних связей с изделием и (или) его составными частями [23].

Выделяют три типа цифровых двойников:

- изделия;
- производительности;
- производства.

На всех этапах жизненного цикла изделий и производства должна обеспечиваться интеграция информации этих трех цифровых двойников (рис. 2).



Рис. 2. Жизненный цикл цифровых двойников [7]



В основном все определения ЦД включали три ключевых аспекта этого понятия [24]:

- сам физический актив (*a physical asset*);
- его цифровое представление (*a digital representation*);
- зеркальную связь между ними (*a mirror-like connection between the two*), которая считается важнейшей особенностью цифровых двойников.

Опыт применения цифровых двойников на данный момент уже довольно значительный. Цифровые двойники широко используются в производстве, машиностроении, космической отрасли [25]. Для них сформированы подходы, требования и сформулированы задачи, которые должны решать цифровые двойники. В строительстве на данный момент не так много примеров использования ЦД.

В сфере энергетики компания *Siemens* разработала цифровую модель работы и технического обслуживания турбин, в то время как *General Electric* создала цифровой двойник электростанции. *GE Renewable* и *Arctic Wind* внедряют инновационные решения для ветряных турбин. Технология цифрового двойника также реализуется на Уральском турбинном заводе, где она обеспечивает связь между проектом турбины, многофизическими расчетами и комплексом оптимизации. В рамках подпрограммы «Цифровой двойник и прорывные технологии» Росатом планирует разработку цифрового двойника оборудования и цифрового двойника АЭС. Цифровые двойники используются для повышения операционной эффективности, а также среди производителей массовых потребительских товаров. Практика создания и применения цифровых двойников в промышленности позволила выявить основные преимущества их использования [26].

Исходя из опыта использования цифровых двойников, можно сформулировать задачи, которые они помогают решить [27]:

- визуализация объекта;
- поддержка всех этапов жизненного цикла объекта;
- поддержка моделирования, прогнозирования, аналитики и анализа поведения двойника с учетом реальных данных, полученных от физического объекта;
- цифровая среда, обеспечивающая процессы совместной работы и единое пространство.

Как можно увидеть, в основе цифрового двойника объекта лежат информационная и имитационная модели [25, 28-30]. Основная идея ЦД объекта заключается в том, чтобы изменять и поддерживать имитационную модель объекта, которая создается на основе данных, которые получены с реального объекта в процессе эксплуатации.

Международные стандарты

Важность международных стандартов цифровых двойников заключается также в их способности создавать условие для глобальной совместимости платформ и технологий. Стандартизация поддерживает раннюю диагностику и исправление проблем в эксплуатации объектов, сокращая вероятность возникновения серьезных сбоев. Она также содействует лучшему пониманию сложных систем, обеспечивая надежные инструменты для управления ими. Это, в свою очередь, ускоряет процесс принятия решений и позволяет активно адаптировать использование цифровых двойников к изменяющимся условиям.



Стандартизированные подходы могут служить основой для формирования более обоснованных решений, направленных на повышение надежности и эффективности управления объектами. Это позволяет обеспечивать устойчивое развитие строительной отрасли и укреплять сотрудничество между различными регионами и странами.

Международные стандарты принимаются целым рядом международных межправительственных и неправительственных организаций профильного характера, что позволяет объединить и преобразовать в нормативную базу накопленный практический опыт данных организаций и представить качественные стандарты для последующей их реализации.

1. Международная электротехническая комиссия (*IEC*) разрабатывает стандарты в области цифровых двойников в широком спектре отраслей. Совместный с Международной организацией по стандартизации (*ISO*) подкомитет *ISO/IEC JTC 1/SC 41* разрабатывает несколько ключевых документов в этой сфере, два из которых планировались к публикации в конце 2023 – начале 2024 годов:

- *ISO/IEC TR 30172* «Цифровые двойники. Случаи использования» – перечень примеров использования цифровых двойников в таких областях, как транспорт, энергетика, умные города и здания, умные дома, умное производство, управление бизнесом, системы здравоохранения и др.;

- *ISO/IEC 30173* «Цифровые двойники. Концепции и терминология» – фокус на приложениях, экосистемах, процессах жизненного цикла и классификации цифровых двойников, а также определение круга заинтересованных сторон.

Подкомитет *ISO/IEC JTC 1/SC 41* также сформировал совместную рабочую группу с системным комитетом *IEC* «Умная энергетика» (*SyC Smart Energy*) для разработки стандартов в области цифровых двойников для интеллектуальных сетей.

В сериях стандартов *IEC 61850* «Сети и системы связи для автоматизации электростанций общего пользования» и *IEC 61970* «Интерфейс прикладных программ системы управления энергопотреблением (*EMS-API*)» устанавливаются стандартизированные средства связи и соответствующая семантика машинного уровня для поддержки взаимодействия цифровых двойников. Стандарты *IEC 61850* и *IEC 61970*, разработанные техническим комитетом *IEC/TC 57*, являются основополагающими стандартами для интеллектуальных сетей.

Новый международный стандарт *IEC 63278* «Оболочка управления ресурсами (*AAS*) для применения в промышленности. Часть 1. Структура оболочки управления ресурсами», который должен быть опубликован в 2023 г., определяет требования к цифровым двойникам, используемым в качестве оболочки управления ресурсами в промышленности.

2. Во многих странах мира разработаны и приняты программы стратегического развития промышленности, например, «Платформа индустрия 4.0» (Германия), «Сделано в Китае-2025» (КНР), «Фабрика будущего» (Франция), «Национальная технологическая инициатива» (Россия) и др. Все они направлены на повышение производительности труда, внедрение современных наукоемких технологий, рост экономической эффективности предприятий [31].

3. Международная организация по стандартизации ИСО (*International Organization for Standardization, ISO*) – международная неправительственная организация, занимающаяся разработкой и выпуском стандартов [32].



Общее название стандартов ИСО серии 19650 – «Организация и оцифровывание информации, относящейся к сооружениям и строительным работам, включая информационное моделирование в сфере строительства (BIM)». Они представляют собой стандарты верхнего уровня, носят описательный характер и допускают (рекомендуют) адаптацию в зависимости от отраслевых особенностей в стране применения.

Стандарты серии ИСО 19650 – это набор процессов и предписаний для управления совместным производством информации с применением технологий информационного моделирования. На 2024 год серия состоит из пяти опубликованных частей:

- *ISO 19650-1*. Часть 1: Концепции и принципы. В первой части изложены концепции и принципы эффективного управления информацией на протяжении всего жизненного цикла актива. Он состоит из двух этапов: создание (подразумевается этап проекта) и использование актива. В ней также содержится описание понятийного аппарата, где присутствуют новые определения и сокращения.

- *ISO 19650-2*. Часть 2: Этап создания активов. Вторая часть определяет и описывает методики управления и совместного производства информации на этапе создания актива в виде объекта капитального строительства (в нашем нормативно-правовом поле это соответствует инвестиционно-строительному проекту). Стандарт составлен в виде спецификации. Он содержит подробные требования к процессам управления информацией и перечень обязанностей/функций участников, ответственных за их выполнение. Предполагается, что страны, опубликовавшие ИСО 19650-2 в качестве своих национальных стандартов, также разработают специальные отраслевые дополнения (национальные приложения), которые впоследствии станут частью локализованного нормативного документа. Национальное приложение должно разъяснять нормы применения стандарта с учетом специфики и традиций деловых отношений, сложившихся в сфере строительства конкретной страны.

- *ISO 19650-3*. Часть 3: Эксплуатационная фаза активов. В третьей части подробно раскрывается процесс управления информацией и ее совместного применения на этапе использования активов (то есть на этапе эксплуатации жизненного цикла капитальных объектов). ИСО 19650-3 составлен в виде спецификации, как и ИСО 19650-2. Стандарт детализирует требования к процессам практической реализации модели, а также к функциям и документам, обеспечивающим их выполнение.

- *ISO 19650-4*. Часть 4: Информационный обмен. Здесь представлены концепции, принципы, процессы, которым поставщики и получатели информации могут следовать в ходе совместного производства информации. Стандарт дает представление о том, как стороны обмениваются информацией на протяжении всего жизненного цикла актива. Кроме того, описан подход, когда для этих целей применяют непроприетарные форматы данных.

- *ISO 19650-5*. Часть 5: Подход к управлению информацией с учетом требований безопасности. В данной части представлены способы внедрения и использования методов управления конфиденциальной информацией об активах с соблюдением требований к ее безопасности.

Стандарты ИСО 19650 носят управленческий характер, подобно хорошо известным стандартам ИСО 9001 (управление качеством), 21500 (управление



проектами, программами и портфелями), 55000 (управление активами). Они описывают новые процессы, связанные с организацией производства информационной модели, и устанавливают новые формы отношений между участниками, вовлеченными в эту деятельность.

Стандарты являются основополагающим инструментом для каждого проекта от его начала до завершения и управления эффективностью, что делает их необходимым для масштабирования возможностей цифровых двойников.

Российские стандарты

Национальные стандарты информационных моделей зданий, включая цифровые двойники, способствуют автоматизации процессов ввода данных, улучшению управления объектами и созданию инновационных решений в области строительства. Развитие и стандартизация цифровых двойников в России представляет собой значительный вызов для строительного сектора. В России разработка цифровых двойников ведется в рамках направления *TechNet* Национальной технологической инициативы, которое нацелено на развитие передовых производственных технологий и создание высоко-технологичной промышленности [31].

В России, как и в остальных странах мира, для цифрового моделирования зданий изначально применялся международный стандарт *ISO 19650*. Этот стандарт обеспечивает комплексное управление информацией на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта. В России в 2020 году в течение нескольких месяцев действовали ГОСТ Р 58439.1–2019 и ГОСТ Р 58439.2–2019. Это были переводы первой и второй частей международного стандарта *ISO 19650*.

Выше обсуждался вопрос об актуальности использования стандартов в индустрии цифровых двойников для достижения максимально возможной функциональной совместимости двойников в экосистеме Индустрии 4.0. На данный момент можно выделить следующие нормативные документы:

1. Постановление Правительства № 331 от 05.03.21 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».

2. Постановление Правительства № 614 от 17.05.24 «Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов».

3. ГОСТ Р 10.00.0000–2021 «Единая система информационного моделирования. Основные положения».

4. Предварительный национальный стандарт ПНСТ 909–2024 «Требование к цифровым информационным моделям объектов непромышленного назначения. Часть 1. Жилые здания» вступил в силу с 1 февраля 2024 года.

5. СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».



6. СП 471.1325800.2019 «Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ».

7. Приказ Минстроя № 344/пр от 16.05.2023. О составе и порядке ведения исполнительной документации.

8. Предварительный национальный стандарт ПНСТ 923–2024 «ЕСИМ. Термины и определения» вступил в силу с 1 августа 2024 года.

9. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах».

10. ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения».

ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения». Это первый нормативный документ, сфокусированный на создании изделий с помощью технологии цифровых двойников, а не оцифровки производственной инфраструктуры и логистики, первый в серии национальных и отраслевых стандартов по цифровым двойникам, планируемых к разработке в ближайшее время [31]. Этот документ является первым в серии национальных и отраслевых нормативных технических документов, которые определяют порядок разработки цифровых двойников, типовые требования к структуре и порядку их сопровождения при эксплуатации изделия, порядок учета и хранения. ГОСТ Р 57700.37–2021 распространяется в отношении продукции машиностроения. Документ может стать базовым для разработки стандартов в отношении цифровых двойников других отраслей промышленности.

ГОСТ предполагает существование трех типов цифровых двойников, существующих на этапах разработки, производства и эксплуатации: ЦД-Р, ЦД-П, ЦД-Э. Выбор этих основных типов связан с тем, что в России действует 12 ГОСТ Р, в которых по-разному определяются и количество, и наименования стадий жизненного цикла. А эти три стадии – разработка, производство, изготовление – представлены во всех 12 национальных стандартах.

Также можно выделить ПНСТ для создания умного производства. Как ранее было рассмотрено, в строительную отрасль приходят в переработанном виде значительного количество стандартов из промышленной сферы, поэтому данные ПНСТ также могут полезны и интересны при разработке ЦД. Предварительные национальные стандарты (ПНСТ):

- ПНСТ 429-2020. Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения. В этом стандарте представлены основные понятия, связанные с цифровизацией производства, представлены общие положения и основополагающие принципы цифровых двойников производства, а также руководящие указания по созданию структуры цифровых двойников производства [14].

- ПНСТ 430-2020. Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 2. Типовая архитектура.

- ПНСТ 431-2020. Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 3. Цифровое представление физических производственных элементов.

- ПНСТ 432-2020. Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 4. Обмен информацией.



Создание цифрового двойника включает взаимодействие с физическими элементами производства через обмен эксплуатационными данными и информацией о состоянии окружающей среды в режиме реального времени. Это позволяет использовать цифровой двойник для мониторинга производственных объектов, предиктивного обслуживания, а также для интеллектуализации и оптимизации управления производственными процессами, включая управление в реальном времени и другие аспекты [14].

В настоящее время в России регулирование вопросов стандартизации имеет достаточно фрагментарный характер. Уровень интеграции этих технологий в государственное управление и правовую политику в стране пока остается низким [33].

В России стандартизация в сфере цифровых двойников переживает активный этап развития. Хотя уже существуют некоторые стандарты, единых методов решения возникающих задач все еще не выработано, в связи с тем, что многие стандарты на данный момент являются предварительными и несут рекомендательный характер. Это затрудняет их использование и подчеркивает необходимость разработки более унифицированных стандартов, способных учитывать особенности российского строительного сектора.

Как видно, технология цифрового двойника уже активно используется в высокотехнологичных отраслях производства и начала постепенно использоваться и в строительном секторе. Согласно информационному отчету Всемирного экономического форума за 2022 год, ожидается, что к 2030 году внедрение цифровых двойников позволит сэкономить 280 миллиардов долларов в сферах городского планирования, строительства и эксплуатации. Можно выделить следующие итоги научной статьи:

1. В настоящее время ЦД стали одной из основных концепций и технологией цифровизации промышленности и строительстве, что вызвало значительное внимание научной сферы к этой теме.

2. Актуальность цифровых двойников особенно отмечается в контексте российской строительной индустрии, где продолжается активное развитие стандартов и подходов к их применению.

3. По мере того, как данная тенденция будет усиливаться в ближайшие годы, все больше организаций смогут изучать возможности использования цифровых двойников для оптимизации процессов, принятия решений на основе данных в режиме реального времени, а также для разработки новых продуктов, услуг и бизнес-моделей.

4. Тем не менее, следует подчеркнуть, что существуют некоторые факторы, препятствующие развитию цифровых двойников. К числу таких факторов относятся высокая стоимость внедрения технологий, недостаточная квалификация специалистов и отсутствие четкого нормативного регулирования в данной сфере. В связи с этим, для успешного дальнейшего развития технологий необходимо провести дополнительные исследования и доработки, включая создание детализированной нормативно-правовой базы.

Существующая проблема заключается в том, что действующие стандарты не покрывают все аспекты использования цифровых двойников в российской строительной отрасли, что требует дальнейшего анализа и модернизации стандартов. Результат разработки качественной нормативной базы обеспечит более широкое применение и внедрение на практике ЦД. Разработка



национальных стандартов и критериев применения цифровых двойников позволит более эффективно решать возникающие проблемы, а также обеспечивать высокое качество проектирования и эксплуатации объектов. Перспективы развития нормативно-технической базы заключаются в создании и внедрении адаптированных стандартов и методов, которые смогут интегрировать международный опыт, учитывая локальные особенности. Это станет основой для создания согласованной и эффективной системы управления жизненным циклом зданий, что, в свою очередь, будет способствовать гармоничному развитию строительной индустрии.

Таким образом, стандартизация цифровых двойников зданий является ключевым аспектом для прогресса строительной отрасли и перехода к технологиям информационного моделирования и, впоследствии, разработки и использования цифровых двойников.

В долгосрочной перспективе успешное внедрение цифровых двойников в российский строительный сектор может значительно улучшить процессы проектирования и эксплуатации зданий. Это приведет не только к повышению качества строительства, но и к устойчивому развитию всей отрасли. Следовательно, создание и применение более унифицированных стандартов является важной частью многостороннего процесса, направленного на гармоничное и продуктивное развитие строительной индустрии в России, а также на укрепление основ для международного сотрудничества в области цифровых технологий.

Другим фактором, способствующим росту интереса к цифровым двойникам, кроме упомянутого в начале статьи, являются мировые технологические тренды. Большие объемы информации, которые раньше обрабатывались вручную или в полуавтоматическом режиме, теперь обладают новыми методами работы с «большими данными» (*Big Data*). К этому относится использование таких технологий, как искусственный интеллект и/или машинное обучение (ИИ), а также облачные решения и кластерные вычисления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тищенко, В. И. Феномен «цифрового двойника» / В. И. Тищенко. – Текст : электронный // Sciences of Europe. – 2021. – № 85–3 (85). – С. 51–59. – DOI 10.24412/3162-2364-2021-85-3-51-59.
2. Сухомлин, В. А. Анализ тенденций развития цифровых двойников нового поколения / В. А. Сухомлин, Д. Е. Намиот, Д. А. Гапанович. – Текст : непосредственный // International journal of open information technologies. – 2024. – Том 12, № 7. – С. 119–128.
3. Cyber-physical integration for moving digital factories forward towards smart manufacturing: a survey / Y. Cheng, Y. Zhang, P. Ji [et al.] // International journal of advanced manufacturing technology, 2018. – Volume 97. – P. – 1209–1221. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2001-2>.
4. Lim, K.Y.H. A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives / K.Y.H. Lim, P. Zheng, C. Chen // Journal of Intelligent manufacturing. – 2020. – Volume 30. – P. 1313–1337. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01512-w>.
5. Shop floor digital twin in smart manufacturing : a systematic literature review. Sustainability / A. Corallo , V. Del Vecchio, M. Lezzi, P. Morciano. – 2021. – № 13 (23). – 12987 p. – URL: <https://doi.org/10.3390/su132312987>. – URL:



<https://www.mdpi.com/journal/sustainability>.

6. Крюков, К. М. Использование технологии цифровых двойников в строительстве / К. М. Крюков, А. В. Шаповалов. – Текст : непосредственный // Инженерный вестник Дона. – 2022. – № 5 (89). – 9 с.

7. Петров, Д. Ю. Архитектура информационной системы управления жизненным циклом цифрового двойника для непрерывного производства / Д. Ю. Петров. – Текст : электронный // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) – 2021. – № 57. – С. 98–104. – DOI 10.36807/1998-9849-2020-57-83-98-104.

8. Kagermann, H. Industrie 4.0 : mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. industriellen revolution / H. Kagermann, W. D. Lukas, W. Wahlster // VDI nachrichten. – Berlin. – 2011. – URL: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf (дата обращения: 01.11.2024).

9. Белов, В. Б. Новая парадигма промышленного развития Германии – стратегия “Индустрия 4. 0” / В. Б. Белов. – Текст : непосредственный // Современная Европа. – 2016. – № 5 (71). – С. 11–23.

10. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance / J. Davis, T. Edgar, J. Porter [et al.] // Computers & chemical engineering. – 2012. – Volume. 47. – P. 145–156. – DOI 10.1016/j.compchemeng.2012.06.037.

11. Toward a Digital Twin for real-time geometry assurance in individualized production. CIRP Annals / R. Söderberg, K. Wärmeffjord, J. S. Carlson, L. Lindkvist. – URL: doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.038.

12. Прохоров, А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт / А. Прохоров, М. Лысачев ; научный редактор А. Боровков. – Изд. 1-е, исправл. и доп. – Москва : АльянсПринт, 2020. – 401 с. – ISBN 978-5-98094-008-9. – Текст : непосредственный.

13. ПНСТ 429-2020. Умное производство. Двойники цифровые производства. Часть 1. Общие положения : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 07.08.2020 N 38-пнст : срок действия с 01.01.2021 до 01.01.2024. – Москва : Стандартиформ, 2020. – 8 с. – (Предварительный национальный стандарт Российской Федерации). – Текст : непосредственный.

14. Анализ подходов архитектурного проектирования цифровых двойников / Д. А. Гапанович, В. А. Тарасова, В. А. Сухомлин, В. П. Куприяновский. – Текст : электронный // International journal of open information technologies. – 2022. – Том 10, № 4. – С. 71–83. – ID: 48247621.

15. Концепция системного представления предметной области при формировании цифрового двойника производственного процесса машиностроительного предприятия / А. В. Речкалов, А. В. Артюхов, Г. Г. Куликов, В. Н. Новиков // Вестник УГАТУ. – 2022. Том 26, № 1 (95). – DOI 10.54708/19926502_2022_26195120.

16. Цифровые двойники в строительстве на фоне развития технологий BIM / П. О. Козлов, Е. С. Рогачев, И. Л. Шипелев. // Материалы 61-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ: Материалы конференции, Хабаровск, 19–23 апреля 2021 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021. – С. 275-279.

17. Батова, А. В. Внедрение цифровых технологий в строительство / А. В. Батова, Т. Н. Дубровская, Д. А. Пищугин. – Текст : непосредственный // Цифровая и отраслевая экономика. – 2020, № 1. – С. 108–113.

18. Крюков, К. М. Использование технологии цифровых двойников в строительстве / К. М. Крюков, А. В. Шаповалов. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2022. – №5 (89). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologii-tsifrovyyh-dvoynikov-v-stroitelstve> (дата обращения: 29.10.2024).

19. Kahlen, F. J. Transdisciplinary perspectives on complex systems : new findings and



approaches / F. J. Kahlen, S. Flumerfelt, A. Alves. – 2017. – 334 p.

20. Сосфенов, Д. А. Цифровой двойник : история возникновения и перспективы развития / Д. А. Сосфенов. – Текст : электронный // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 4. – С. 35–43. – URL: <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-35>.

21. Ильинова, В. В. Международный опыт использования BIM-технологий в строительстве / В. В. Ильинова, В. Д. Мицевич. – Текст : электронный // Российский внешнеэкономический вестник, 2021, № 6. – С. 79–93. – URL: DOI 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93.

22. Иванова, И. Б. «Цифровой двойник» здания : отличие от BIM-технологий, источники эффективности применения в жилищно-коммунальном хозяйстве / И. Б. Иванова, А. Ю. Васильева. – Текст : электронный // Социально-экономическое управление : теория и практика. – 2021. – № 2 (45). – С. 43–49. – DOI 10.22213/2618-9763-2021-1-43-49.

23. Соколов, Б. В. Методологические основы создания и использования цифровых двойников сложных объектов / Б. В. Соколов, В. В. Захаров. – Текст : электронный // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2022. – Том 65, № 12. – С. 916–919. – DOI 10.17586/0021-3454-2022-65-12-916-919.

24. Grieves, M. Digital twin : mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems / M. Grieves, J. Vickers // In Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. – Rochester, USA : Springer, 2017. – P. 85–113.

25. Uhlemann, T.H.-J. The Digital Twin : realizing the cyber-physical production system for industry 4.0 / T.H.-J. Uhlemann, C. L. R. Steinhilper, R. Steinhilper // Procedia CIRP. Part of special issue : the 24th CIRP conference on life cycle engineering. – 2017. – Volume 61. – P. 335–340.

26. Коровин, Г. Б. Возможности применения цифровых двойников в промышленности / Г. Б. Коровин. – Текст : непосредственный // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2021. – Том 27, № 8. – С. 124–133.

27. Костиков, М. Г. Принципы реализации расчета стоимости жилищно-коммунальных услуг при использовании общедомовых приборов учета в автоматизированной системе / М. Г. Костиков, В. В. Миронов. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. – Астрахань : АГАСУ, 2020. – № 4 (34). – С. 133–139.

28. Uhlemann, T.H.-J. The digital twin : demonstrating the potential of real time data acquisition in production systems / Uhlemann T.H.-J., Schock C., Lehmann C., [et al.] // Procedia manufacturing. – 2017. – Volume 9. – P. 113–120.

29. Boschert, S. Digital twin – the simulation aspect / S. Boschert, R. Rosen // Mechatronic Futures. Springer International Publishing. – 2016. – P. 59–74. – DOI 10.1007/978-3-319-32156-1_5.

30. Zhuang, C. Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shop floor / C. Zhuang, J. Liu, H. Xiong // International journal of advanced manufacturing technology. – 2018. – № 96. – P. 1149–1163. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1617-6>.

31. Сысоева, Е. А. Национальный стандарт Российской Федерации в области цифровых двойников / Е. А. Сысоева. – Текст : электронный // Компетентность. – 2022. – № 3. – С. 10–13. – DOI 10.24412/1993-8780-2022-3-10-13.

32. Василькова, Е. А. Стандарт и стандартизация : общие понятия / Е. А. Василькова. – Текст : электронный // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2019. – № 1 (29). – С. 80–86. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standart-i-standartizatsiya-obshchie-ponyatiya> (дата обращения: 15.07.2024).

33. Понкин, И. В. Цифровое государственное управление : метод цифровых моделей-двойников (BIM) в праве / И. В. Понкин, А. И. Редькина. – Текст :



электронный // Государственная служба. – 2020. – № 2 (124). – С. 64–69. – DOI 10.22394/2070-8378-2020-22-2-64-69.

KURGANOV Daniil Alekseevich, postgraduate student of the chair of engineering graphics and information modeling; ROTKOV Sergey Igorevich, doctor of technical sciences, professor, professor of the chair of engineering graphics and information modeling

DIGITAL TWIN OF BUILDINGS-HOW STATE STANDARDS ARE DEVELOPING

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering.
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia.

Tel.: +7 (831) 430-54-92; fax: +7 (831) 430-19-36; e-mail: kurganov.99@inbox.ru

Key words: digital modeling, digital twin, building life cycle, BIM technology, digitalization.

The transition of the construction industry to a higher level of competitiveness is associated with the introduction and use of digital technologies. Traditional data processing methods are not able to effectively cope with the volumes of information generated by modern construction companies. This article discusses aspects of the use of digital twin technology in the construction industry, existing international and Russian standards governing the use of digital twins. The main objective of the article is to analyze the current state of the regulatory framework in the field of digital twins in the construction sector. The work considers the definition of digital twins, their features, the relationship of the regulatory framework between the industrial and construction sectors, analyzes the differences between information modeling technologies and digital twins, and also examines in detail state standards in Russia and the world, ways of developing national standards.

REFERENCES

1. Tishchenko V. I. Fenomen «tsifrovogo dvoynika» [The phenomenon of the ‘digital twin’]. Sciences of Europe, 2021, №85–3 (85), P. 51–59. DOI 10.24412/3162-2364-2021-85-3-51-59.
2. Sukhomlin V. A., Namiot D. E., Gapanovich D. A. Analiz tendentsiy razvitiya tsifrovyykh dvoynikov novogo pokoleniya [Analysis of trends in the development of next-generation digital twins]. International Journal of Open Information Technologies. 2024, Vol. 12, № 7, P. 119-128.
3. Cheng, Y., Zhang, Y., Ji, P., Xu, W., Zhou, Z., & Tao, F. (2018). Cyber-physical integration for moving digital factories forward towards smart manufacturing: a survey. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 97(1–4), 1209–1221. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2001-2>.
4. Lim, K. Y. H., Zheng, P. & Chen, C. A state-of-the-art survey of Digital Twin: techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. J Intell Manuf 31, 1313–1337 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01512-w>.
5. Angelo Corallo, Vito Del Vecchio, Marianna Lezzi and Paola Morciano. Shop Floor Digital Twin in Smart Manufacturing: A Systematic Literature Review. Sustainability 2021, 13, 12987. URL: <https://doi.org/10.3390/su132312987> - URL: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>.
6. Kryukov K. M., Shapovalov, A. V. Ispolzovanie tekhnologii tsifrovyykh dvoynikov v stroitelstve [Using digital twin technology in construction]. Inzhenerny vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. 2022, №5(89), 9 p.



7. Petrov D. Yu. Arkhitektura informatsionnoy sistemy upravleniya zhiznennym tsiklom tsifrovogo dvoynika dlya nepreryvnogo proizvodstva [Architecture of an information system for managing the life cycle of a digital twin for continuous production]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)* [Bulletin of the Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University)], 2021, № 57, 98–104. DOI: 10.36807/1998-9849-2020-57-83-98-104.
8. Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas, Wolfgang Wahlster. *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution* VDI nachrichten. Berlin. 1. 4. 2011, URL: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf (accessed: 01.11.2024).
9. Belov V. B. Novaya paradigma promyshlennogo razvitiya Germanii – strategiya “Industriya 4. 0” [The New Paradigm of German Industrial Development – Industry 4.0 Strategy]. *Sovremennaya Evropa* [Contemporary Europe], 2016, № 5 (71), 11–23.
10. Davis J., Edgar T., Porter, J., Bernaden J., & Sarli M.(2012). Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance // *Computers & Chemical Engineering*. 2012. V. 47. P. 145–156. DOI 10.1016/j.compchemeng.2012.06.037.
11. Söderberg R., Wärnefjord K., Carlson J. S., Lindkvist L. Toward a Digital Twin for real-time geometry assurance in individualized production/ *CIRP Annals* URL: doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.038.
12. Proxorov A., Lysachev M. Tsifrovoy dvoynik. Analiz, trendy, mirovoy opyt [Digital Twin. Analysis, Trends, World Experience]. Nauchnyy redaktor A. Borovkov. Izd. 1-e, ispravl. i dop. Moscow, AliyansPrint, 2020, 401 p. ISBN 978-5-98094-008-9.
13. PNST 429-2020. Umnoe proizvodstvo. Dvoyniki tsifrovye proizvodstva [Smart manufacturing. Digital twins of production]. Chast 1. Obshchie polozheniya Izdanie ofitsialnoe : utverzhden i vveden v deystvie Prikazom Rosstandarta ot 07.08.2020 N 38-pnst : srok deystviya s 01.01.2021 do 01.01.2024. Moscow, Standartinform, 2020, 8 p. (Predvaritelny natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii).
14. Gapanovich D. A., Tarasova V. A., Sukhomlin V. A., Kupriyanovskiy V. P. Analiz podkhodov arkhitekturnogo proektirovaniya tsifrovyykh dvoynikov [Analysis of architectural design approaches to digital twins]. *International journal of open information technologies*, 2022, Vol. 10, № 4, 71–83. ID: 48247621.
15. Rechkalov A. V., Artuhov A. V., Kulikov G. G., Novikov V. N. Kontseptsiya sistemnogo predstavleniya predmetnoy oblasti pri formirovaniy tsifrovogo dvoynika proizvodstvennogo protsessa mashinostroitel'nogo predpriyatiya [The concept of transformation of the model of planning and management processes based on the digital twin of the production system in the industrial model of a machine-building enterprise]. *Vestnik UGATU*, 2022, Vol. 26, № 1 (95). DOI: 10.54708/19926502_2022_26195120.
16. Kozlov P. O., Rogachev E. S., Shipilev I. L. Tsifrovye dvoyniki v stroitelstve na fone razvitiya tekhnologii BIM [Digital twins in construction against the background of BIM technology development]. *Materialy 61-y studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii inzhenerno-stroitel'nogo instituta TOGU: materialy konferentsii, 19–23 April 2021*. Khabarovsk, Tikhookeanskiy gosudarstvennyy universitet, 2021, P. 275-279.
17. Batova A. V., Dubrovskaya T. N., Pishchugin D.A. Vnedrenie tsifrovyykh tekhnologii v stroitelstvo [Implementation of digital technologies in construction]. *Tsifrovaya i otraslevaya ekonomika* [Digital and Sectoral Economy]. 2020, № 1, P. 108–113.
18. Kryukov K. M., Shapovalov A. V. Ispolzovanie tekhnologii tsifrovyykh dvoynikov v stroitelstve [Use of digital twin technology in construction]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of Don]. 2022, № 5 (89). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologii-tsifrovyyh-dvoynikov-v-stroitelstve> (accessed: 29.10.2024).



19. Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S., & Alves, A. (2017). Transdisciplinary perspectives on complex systems. *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*. 2017. 334 p.
20. Sosfenov D. A. Tsifrovoy dvoynik: istoriya vzniknoveniya i perspektivy razvitiya [Digital twin: history of origin and development prospects]. *Intellect. Innovatsii. Investitsii* [Intelligence. Innovations. Investments]. 2023, № 4, P. 35-43. URL: <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-35>.
21. Ilyinova V. V., Mitsevich V. D. Mezhdunarodnyy opyt ispolzovaniya BIM-tekhnologiy v stroitelstve [International experience of using BIM technologies in construction]. *Rossiyskiy vneshneekonomicheskii vestnik* [Russian Foreign Economic Journal]. 2021, № 6, P. 79-93. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-6-79-93.
22. Ivanova I. B., Vasilyeva A. Yu. "Tsifrovoy dvoynik" zdaniya: otliche ot BIM-tekhnologiy, istochniki effektivnosti primeneniya v zhilishchno-kommunalnom khozyaystve ["Digital twin" of a building: differences from BIM technologies, sources of application efficiency in housing and communal services]. *Sotsialno-ekonomicheskoe upravlenie: teoriya i praktika* [Socio-Economic Management: Theory and Practice]. 2021, № 2(45), P. 43-49. DOI: 10.22213/2618-9763-2021-1-43-49.
23. Sokolov B. V., Zakharov V. V. Metodologicheskie osnovy sozdaniya i ispolzovaniya tsifrovyykh dvoynikov slozhnykh obektov [Methodological foundations for creating and using digital twins of complex objects]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroenie* [Journal of Instrument Engineering]. 2022, Vol. 65, № 12, P. 916-919. DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-12-916-919.
24. Grieves, M. Digital twin : mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems / M. Grieves, J. Vickers // In *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. – Rochester, USA : Springer, 2017. – P. 85–113.
25. Uhlemann, T.H.-J. The Digital Twin : realizing the cyber-physical production system for industry 4.0 / T.H.-J. Uhlemann, C. L. R. Steinhilper, R. Steinhilper // *Procedia CIRP*. Part of special issue : the 24th CIRP conference on life cycle engineering. – 2017. – Volume 61. – P. 335–340.
26. Korovin G. B. Vozmozhnosti primeneniya tsifrovyykh dvoynikov v promyshlennosti [Potential applications of digital twins in industry]. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Transbaikal State University]. 2021, Vol. 27, № 8, P. 124–133.
27. Kostikov M. G., Mironov V. V. Printsipy realizatsii rascheta stoimosti zhilishchno-kommunalnykh uslug pri ispolzovanii obshchedomovykh priborov ucheta v avtomatizirovannoy sisteme [Principles of implementing housing utility cost calculations using building-wide meters in automated systems]. *Inzhenerno-stroitelny vestnik Prikaspiya* [Caspian Engineering and Construction Bulletin]. Astrakhanskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet. Astrakhan, AGASU, 2020, № 4 (34), P. 133–139.
28. Uhlemann T.H.-J., Schock C., Lehmann C., Freiburger S., Steinhilper R. The Digital Twin: Demonstrating the Potential of Real Time Data Acquisition in Production Systems // *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 9. Pp. 113–120.
29. Boschert S., Rosen R. Digital Twin - The Simulation Aspect / P. Hehenberger, D. Bradley (Eds.) // *Mechatronic Futures*. Springer International Publishing, 2016. Pp. 59–74. DOI: 10.1007/978-3-319-32156-1_5.
30. Zhuang C. Digital twin-based smart production management and control framework for the complex product assembly shopfloor / Cunbo Zhuang, Jianhua Liu, Hui Xiong // *International journal of advanced manufacturing technology*. 2018. No. 96. P. 1149–1163. – URL: <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1617-6>.
31. Sysoeva E. A. Natsionalny standart Rossiyskoy Federatsii v oblasti tsifrovyykh dvoynikov [National standard of the Russian Federation in the field of digital twins]. *Kompetentnost* [Competence]. 2022, № 3, P. 10–13. DOI: 10.24412/1993-8780-2022-3-10-13.



32. Vasilkova E. A. Standart i standartizatsiya: obshchie ponyatiya [Standard and standardization: general concepts]. Vestnik Taganrogskego instituta upravleniya i ekonomiki [Bulletin of Taganrog Institute of Management and Economics]. 2019, № 1 (29), P. 80–86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standart-i-standartizatsiya-obshchie-ponyatiya> (accessed: 15.07.2024).

33. Ponkin I. V., Redkina A. I. Tsifrovoye gosudarstvennoye upravleniye: metod tsifrovyykh modeley-dvoynikov (BIM) v prave [Digital public administration: digital twin models (BIM) in law]. Gosudarstvennaya sluzhba [Public Administration]. 2020, № 2 (124), P. 64-69. DOI: 10.22394/2070-8378-2020-22-2-64-69.

© Д. А. Курганов, С. И. Ротков, 2025

Получено: 10.03.2025 г.