

---

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТРЕНДЫ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ**

---

**Шпак Полина Степановна**<sup>1</sup>, канд. экон. наук

**Сычева Екатерина Геннадьевна**<sup>2</sup>, канд. экон. наук

<sup>1</sup> БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 1-я Красноармейская ул., 1, Санкт-Петербург, Россия, 190005; e-mail: shpakpolina03@yandex.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова, ул. Пилотов, 38, Санкт-Петербург, Россия, 196210; e-mail: e.g.sycheva@yandex.ru

*Предмет:* сегодня вопрос цифровизации является особенно актуальным. Реинжиниринг бизнес-процессов и развитие информационных технологий связаны с необходимостью создания новых идей для взаимодействия оборудования и человека. Одной из самых перспективных новых информационных технологий является концепция цифровых двойников. Ее цель заключается не только в предотвращении и устранении кризисных ситуаций, но и в проведении технического обслуживания объектов, а также в оптимизации процессов обучения отдельных элементов на уровне системы. *Цель:* исследование главных тенденций рынка цифровых двойников как одной из наиболее перспективных цифровых технологий современности применительно к авиационной отрасли. *Дизайн исследования:* в предположении, что динамичное развитие этой системы Интернета Вещей (IoT) через программно-аппаратные комплексы и интеграция их решений, представляет собой востребованный инструмент цифровизации. В современных условиях концепция IoT, которая состоит из технологически оснащенных элементов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей средой, стала незаменимым инструментарием. *Результаты:* авторы сгруппировали центральные задачи, выделили особенности «умного» производства для авиационной отрасли; дали прогноз развития мирового рынка цифровых двойников (ЦД); проанализировали профили потребностей в новых производственных технологиях; спрогнозировали и выделили главные тенденции развития мирового рынка цифровых двойников; определили центральные преимущества системной модели гибридного цифрового двойника.

**Ключевые слова:** цифровизация, инновация, цифровой двойник, умное производство, авиационная промышленность.

**DOI:** 10.17308/meps/2078-9017/2025/1/93-106,

### **Введение**

С наступлением кризиса, вызванного пандемией COVID-19, возникла большая неопределенность в отношении продолжения побочных эффектов социальной интеграции на спрос воздушного транспорта. Резкое сокращение авиаперелетов в 2020 году, хотя и глобальное, имело разную интенсивность в разных странах и было продиктовано непредсказуемым распространением новых вариантов COVID-19. Кроме того, правительственные ограничения в качестве ответных мер, такие как запрет на полеты, закрытие авиапредприятий или временная приостановка их работы, были неоднородными и во многих случаях далеко не эффективными. В этом ключе отметим, что страны, характеризующиеся низким уровнем цифровизации, среди других факторов приняли менее строгие меры. Отметим, что в результате увеличившийся уровень безработицы, вызванный сохранением пандемического положения, может привести к долгосрочным социально-экономическим последствиям для большого количества стран.

Известно, что предпочтения клиентов, растущее нормативное давление и возросшая обеспокоенность по поводу выбросов углерода заставляют организации ускорять цифровые инновации. В то же время растущая схожесть продуктов, программного обеспечения и оказываемых сопутствующих услуг формируют потенциал для следующей трансформации в отраслях экономики.

В то время как такие технологии, как искусственный интеллект, облачные технологии, 5G и периферийные вычисления, являются ключевыми катализаторами этого пути, цифровые двойники находятся в основе трансформации. В инструментарий цифрового двойника входит оптимизация процесса проектирования, эксплуатации и обслуживания производственных этапов производственной системы – продукт, или сопутствующие ему оказываемые предприятием услуги, производственная линия, инфраструктура, логистическая сеть или комплекс систем. Данная концепция реализует целостное функционирование на протяжении всего жизненного цикла системы, таким образом, формирует операции и способствует предприятиям авиационной отрасли в переосмыслении своих текущих бизнес-моделей.

На тему перспективных направлений развития цифровых технологий написан ряд научных работ.

Так, Травушкина А.А. и др. [8] рассматривают новые цифровые технологии как средство дополнительного преимущества, которое призвано укрепить связь с клиентами, а также способствуют расширению спектра оказываемых услуг.

Негматуллоев З. Т. и др. [4] в своем исследовании отмечает, что циф-

ровые технологии сегодня играют важную роль в укреплении и развитии исследовательской информационной базы, а также приводит аргументы о важности доступности информации, которая стала доступной благодаря развитию цифровых технологий.

Пургаева И.А., Некрасова Т.А., Наролина Т.С. и Смотров Т.И. [6] в своем исследовании выделяют основные перспективы, способствующие диффузии цифровых технологий в промышленности, среди которых увеличение доступа к высокоскоростной передаче данных, появлении новых стимулов экономического роста и т.д.

Титов Д.Е. и Кобзистая М.В. [7] также отмечают высокую значимость исследования актуальных цифровых технологий, упоминая широкий спектр возможностей их применения и использования; возможность разработки самообучающихся технологий.

Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. и Бекларян Г.Л. [2] подчеркивают особую значимость такой цифровой технологии, как имитационное моделирование, благодаря которому появилась возможность совмещения разрабатываемых моделей с базами данных и хранилищами данных, в том числе в авиационной промышленности.

Резюмировав, можно отметить определённую согласованность вышеупомянутых авторов в том, что проблема эффективного внедрения инновационных технологий, и в частности, системы цифровых двойников [1], является актуальной, и решение указанной проблемы является важнейшим современным инструментом по интенсификации и оптимизации всех процессов на предприятии.

### **Методы и результаты исследования**

Становится очевидным появление возможности решения различных вопросов при развитии концепции цифровых двойников, связанных с повышением качества выпускаемой продукции, а также эффективности работы оборудования и снижением расходов предприятия в целом. Такие улучшения в свою очередь ускоряют выход на рынок и способны повысить рентабельность производства. Все компоненты умного производства способны на самогенерацию обширных размеров данных. Проанализировав эти сведения, можно найти проблемы в производительности оборудования, требующие корректировки. Корректирующая оптимизация как раз и определяет умное производство, выделяя его существенные преимущества перед консервативным производством. Способность к самооптимизации, присущая умному производству, позволяет очень быстро найти динамику ухудшения качества, прогнозировать возможное ухудшение в дальнейшем и определить причины, которые могут быть связаны с оборудованием, окружающей средой или человеческим фактором [5]. Рассмотрим выявленные особенности умного производства согласно рисунку 1.



Рис. 1. Особенности умного производства авиационной промышленности

Одним из наиболее прогрессивных аппаратно-программных комплексов считается цифровой двойник. Цифровые двойники позволяют организациям усовершенствовать комплекс таких показателей, как себестоимость, рентабельность, период выполнения договоров и устойчивость предприятия. Отметим, что в соответствии с рисунком 2 предприятия достигли 13% снижения затрат, в среднем, в различных вариантах использования концепции цифровых двойников, и 15% увеличения общей процессной результативности. Происходит снижение затрат (на 79%), за которым следует технологический прогресс (77%), что является основным драйвером инвестирования в цифровых двойников [17]. Помимо этого, цифровой двойник содействует в предоставлении разработчикам необходимых сведений для бесперебойной адаптации системы к изменениям, что поддерживает процесс минимизации расходов и в целом времени, требуемого на диагностирование и производство, на 30% [3]. Цифровой двойник позволяет тестировать эксплуатационные данные в системе управления процессами перед внедрением. Это упрощает проверку процесса и позволяет оптимизировать работу всей системы.



Рис. 2. Преимущества внедрения цифровых двойников на предприятия авиационной промышленности [17]

Согласно источнику [17] авторы проанализировали, на какие типы работы влияет цифровой двойник, данные проиллюстрированы на рисунке 3.

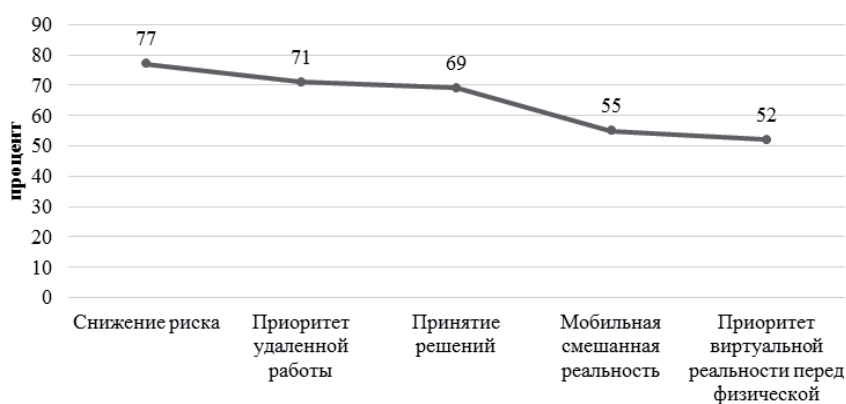


Рис. 3. Приоритетные виды работ, на которые влияет деятельность цифрового двойника [17]

Ввиду продолжающегося роста интереса к концепции цифровых двойников представляется целесообразным рассмотреть центральные предпосылки внедрения данной технологии предприятиями авиапромышленности (см. рис. 4).

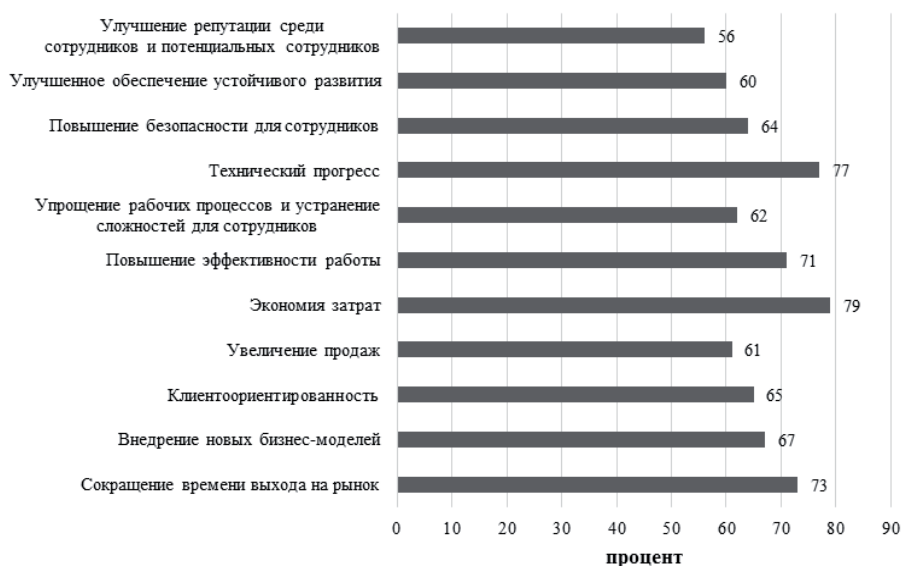


Рис. 4. Степень согласия опрошенных организаций авиапромышленности с ключевыми факторами, влияющими на их инвестиции в цифровых двойников, процент каждой характеристики в отношении к 100% [17]

В качестве практического примера можно привести активно внедряемую концепцию цифрового двойника системы климат-контроля самолета. Для того чтобы наиболее эффективно спроектировать систему климат-контроля, нужно было оценить степень взаимодействия ее компонентов до проведения самих испытаний. Работу системы климат-контроля на системном уровне исследовали сотрудники Тяньцзиньского университета из Китая и университета Пердью из Соединенных Штатов Америки. Они также проводили трехмерные CFD-расчеты (от англ. Computational Fluid Dynamics – вычислительная гидродинамика) с применением программного комплекса [14]. Исследования вышеупомянутых сотрудников были представлены в рамках консорциума CARE специалистами компаний COMAC и Boeing. Предполагается, что эти компании планируют создать собственные прототипы (виртуальные) для последующего моделирования систем климат-контроля. Также запланировано проведение экспериментов с целью подтверждения всех произведенных расчетов систем климат-контроля самолета, что в свою очередь сможет улучшить основные характеристики данных систем.

Цифровые двойники также могут значительно сократить время выхода на рынок на уровне 73% [17]. С использованием цифровых двойников процессы, необходимые для сборки кабельных жгутов для Airbus A330, могут быть выполнены за одну 0,5 общего времени, которое требовалось прежде. Данное улучшение стало возможным, благодаря снабжению цифрового двойника необходимыми данными для автоматизированного формирования производственных инструкций, для облегчения работы операторов

при сборке производимой продукции с помощью планшетов и шлемов дополненной реальности.

Помимо изложенного выше, концепция цифрового двойника осуществляет проведение виртуального тестирования, проверку на наличие ошибок перед производством и улучшение проектов и услуг, что дополнительно уменьшает период разработки.

Ожидается, что к 2030 г. объем мирового рынка цифровых двойников достигнет 195,4 миллиарда долларов [12].

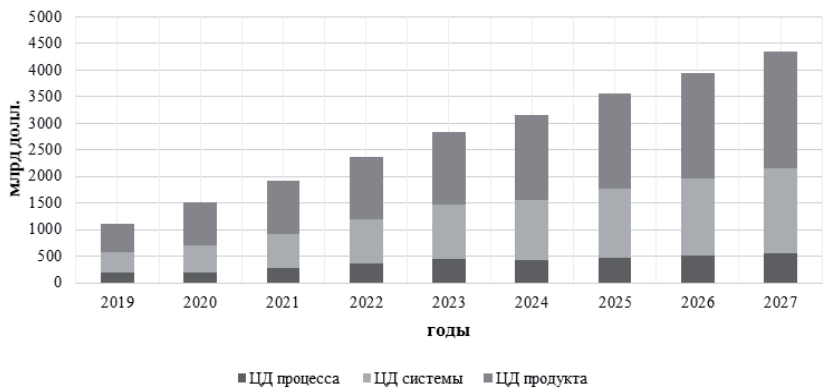


Рис. 5. Прогноз развития мирового рынка цифровых двойников [17]

Из демонстрируемых значений рисунка 5 в период с 2023-2027 гг. в сфере рынка цифровых двойников видно, что 29% международных предприятий полностью или частично внедрили в свой производственный стратегический план концепцию цифрового двойника, что почти на 10% больше, чем в 2020 г. Притом доля промышленных предприятий, которые ранее не рассматривали вероятность внедрения продукта цифровых двойников, значительно уменьшилась до 9% в 2023 г. по сравнению с 33,6% в 2020 г.

Так, количество публикаций с упоминанием цифрового двойника увеличилось на 11% в октябре 2023 года по сравнению с двумя предыдущими годами, в то время как количество публикаций по большинству других технологических тем за тот же период сократилось.

Согласно текущему прогнозу иностранных специалистов [17], глобальный рынок цифровых двойников может вырасти в среднем на 30% в период с 2023 по 2027 год.

На фоне растущего рынка отметим восемь тенденций, которые способствуют продвижению и внедрению цифровых двойников. Подробнее остановимся на четырех из них:

1. Цифровые двойники, используемые для достижения целей устойчивого развития.
2. Цифровые двойники, используемые в качестве виртуальных датчиков в сложных условиях.
3. Партнерские отношения между облачными хранилищами и специа-

листами по IoT и моделированию.

4. Инициативы, способствующие совместимости цифровых двойников в различных системах.

Хотя техническое обеспечение и услуги, связанные с цифровыми двойниками, могут расширить возможности программного обеспечения цифровизации, авторы рассматривают их только как вспомогательные услуги для программного обеспечения. Тем не менее, такая способность расширять возможности означает, что они могут способствовать росту рынка цифровых двойников, как показано в некоторых тенденциях ниже.

Тенденция 1: Внедрение цифровых двойников для достижения целей в области устойчивого развития.

Тема устойчивого развития оставалась актуальной на протяжении всего 2023 года. Это согласуется с тем, что достижение целей в области устойчивого развития является важным макроэкономическим фактором для рынка цифровых двойников.

В целях результативности устойчивого развития своих внутренних хозяйствующих систем многие предприятия применяют цифровые аналоги. Благодаря их способности имитировать реальные условия и предоставлять необходимые данные в режиме онлайн у компаний появилась возможность улучшить качество использования своих ресурсов, при этом сокращая выделение углекислого газа и оптимизируя свои снабженческие и логистические сети.

Согласно отчету опубликованному институтом Cargemini о концепции цифровых двойников за 2022 год 57% предприятий выразили свое согласие с тем фактом, [17] что центральной причиной для инвестиций в интеграцию цифрового двойника в свою хозяйственную систему является повышение устойчивости, а 51% респондентов подтвердили, что внедрение цифровых двойников в производственно-хозяйственную систему помогает достичь целей их организаций в сфере экологической стабильности.

Цифровые решения обеспечивают наглядность, анализ и понимание [10], необходимые для решения задач, связанных с целями устойчивого развития. Стратегия цифрового двойника как часть общего плана цифровизации может стать важнейшей возможностью для отраслей с высокой активностью и должна охватывать весь жизненный цикл активов, процессы и цепочку создания стоимости – от проектирования и эксплуатации до технического обслуживания и стратегического бизнес-планирования.

Тенденция 2: Цифровые двойники, используемые в качестве виртуальных датчиков в сложных условиях.

Виртуальные датчики приближают данные, которые иначе невозможно получить с помощью физических датчиков, часто из-за того, что физические датчики непрактичны, дороги или опасны в использовании [13]. В настоящее время компании создают цифровых двойников для моделирова-



ния аппаратного обеспечения и расчета данных на основе других условий. Это не только позволяет собирать данные со сложного оборудования, но и позволяет операторам отслеживать производительность оборудования и прогнозировать время технического обслуживания и простоев.

Тенденция 3: Партнерство в облаках: объединяются со специалистами по IoT и моделированию.

За последние несколько лет облачные хранилища, такие как AWS и Microsoft Azure, представили платформы-двойники [15], которые позволяют соединять различные источники данных и создавать топологию цифрового двойника. Однако эти компании понимают, что они не могут самостоятельно создавать комплексные цифровые решения-двойники для авиационной отрасли, и поэтому сотрудничают с компаниями, занимающимися IoT и симуляцией, для расширения возможностей своих сетей.

Компании IoT предоставляют возможности управления промышленными данными и подключения к миллионам локальных физических ресурсов.

Компании, занимающиеся моделированием, обладают специализированным опытом в создании точных и высокоточных моделей физических объектов, будь то машины, здания или целые экосистемы. Сотрудничая с облачным хранилищем, компании, занимающиеся моделированием, могут использовать возможности хранения данных и вычислительные мощности этих облачных сервисов для создания более надежных, отзывчивых и точных двойников данных, которые можно легко масштабировать и интегрировать в более широкие ИТ-экосистемы [18].

Тенденция 4: Инициативы, которые помогают совмещению цифровых двойников в системах разных производителей.

Соглашение о моделях интеграции между разными поставщиками концепции цифровых двойников имеет важнейшее значение в формировании межсистемных цифровых двойников. Благодаря стандартам производители могут предлагать услуги, которые могут быть применены в уникальных ситуациях с другими технологиями цифровых двойников и программным обеспечением.

Широкое функциональное применение концепции цифровых двойников в авиационной промышленности обуславливает актуальность данного исследования и необходимость освещения новейших разработок этого направления. В этом ключе разработка гибридного цифрового двойника полностью опирается на концепцию комплексного цифрового двойника [9]. Такая модификация подразумевает помимо общепринятых физических датчиков использование виртуальных датчиков, которые представляют информацию об измеряемых параметрах объекта на основе математического моделирования с применением комплексной функциональной модели.

Далее рассмотрим главные достоинства системной модели гибридного цифрового двойника:

- аргументируемое представление требований к новой производственной технике;
- существование ресурса для нахождения количественного отклонения множества параметров техники от начального состояния в тех местах, где отсутствуют физические датчики или возможность их установки;
- нивелирование воздействия человеческого фактора на достигаемые результаты;
- наличие возможности количественной оценки воздействия на эффективность системы и ее отдельных единиц техники;
- установление уровня качества и объема произведенных работ по техническому обслуживанию технического оборудования.

Системная цифровая модель физических процессов, входящая в состав промышленного решения, позволяет получить значимое преимущество по сравнению с традиционными технологиями разработки оборудования. На рисунке 6 схематично изображен принцип работы концепции гибридного цифрового двойника.

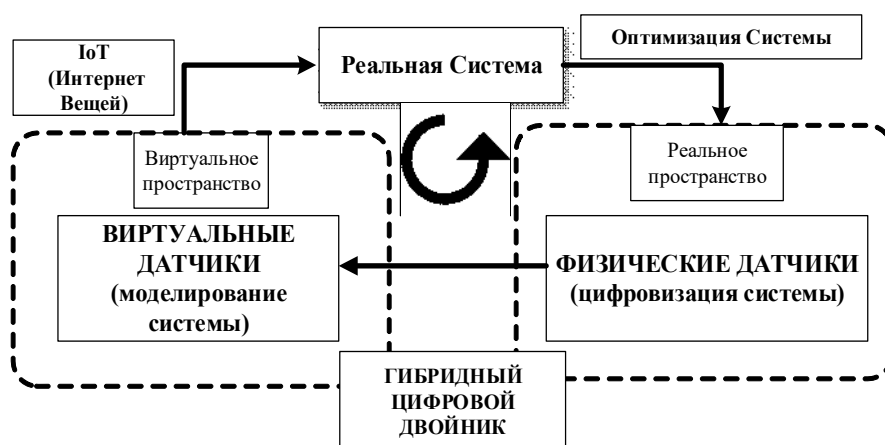


Рис. 6. Принцип работы концепции гибридного цифрового двойника

## Заключение

Становится очевидным, что в условиях современного рынка с его высокой конкуренцией в сфере разработки умных устройств, инженерное моделирование становится ключевым фактором для обеспечения конкурентного преимущества. Всё больше элементов производственных процессов и цепочек поставок охватывают технологии Индустрии 4.0. Однако важно отметить неоспоримый факт, что только при контроле всех процессов модернизации производства, цифровая трансформация может быть осуществлена своевременно.

На данном этапе технологического развития с вовлечением цифровых технологий в хозяйственную систему авиапредприятий становится целесообразным внедрение концепции умного производства и цифровых двойников

с целью адаптации к современным реалиям рынка. Переход от традиционных методов производства к новым может быть сложным, но это неизбежный шаг для успешного развития бизнеса.

Умное производство использует настоящие и ретроспективные данные для прогнозирования будущих результатов. Эта опция позволяет увеличивать стабильность работы общей системы и предотвращать непредвиденные проблемы с безопасностью.

Отметим, что благодаря концепции цифровых двойников предприятия, занятые в сфере двигателестроения, смогут эффективнее реагировать на запросы рынка и сформировать актуальную бизнес-модель: вместо продажи двигателей перейти к продаже лётных часов.

Как уже было отмечено авторами исследования, концепция цифровых двойников может значительно снизить издержки предприятий на раннем этапе разработки новых моделей двигателей. Кроме того, в России идет работа над оптимизацией процесса сертификации и запуска серийного производства силовых установок.

В ходе проделанной работы авторами были достигнуты следующие результаты:

- выделены особенности умного производства авиационной промышленности;
- дан прогноз развития мирового рынка цифровых двойников;
- спрогнозированы и охарактеризованы главные тенденции развития мирового рынка цифровых двойников;
- сформулированы преимущества системной модели гибридного цифрового двойника.

Таким образом, можно заключить, что существует значительный интерес к улучшению результатов посредством внедрения цифровых технологий и повышению общей конкурентоспособности от их применения. Эта позитивная тенденция влияет не только на авиационную отрасль, но и на экономику Российской Федерации в целом.

#### **Список источников**

1. Галкина А.К. Обзор применения информационных технологий в авиационной отрасли экономики // *В сборнике: Лучшая научная работа 2023. Сборник статей X Международного научно-исследовательского конкурса*. Пенза, 2023, с. 33-36.

2. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л. Разработка цифровых двойников для производственных предприятий // *Бизнес-информатика*, 2019, т. 13, no. 4, с. 7-16.

3. Михайленко Н.Н. Цифровые платформы и развитие бизнеса: исследова-

ние влияния и практические примеры // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2023, no. 8 (164), с. 33-48.

4. Негматуллоев З.Т., Нуриев М.К., Унгаров Д.Р. Перспективы цифровых информационных технологий // *Евразийский журнал технологий и инноваций*, 2023, т. 1, no. 5, ч. 2, с. 238-241.

5. Панина И.В., Попов М.И. Определение сущности понятия «экономическая эффективность» для целей анализа эффективности деятельности коммерческих организаций // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2016, no. 4

(76), с. 168-177.

6. Пургаева И.А., Некрасова Т.А., Наролина Т.С. и Смотров Т.И. Цифровая трансформация промышленности: проблемы и перспективы // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2023, no. 1 (157), с. 34-49.

7. Титов Д.Е., Кобзистая М.В., Кобзистый С.Ю. Риски и угрозы глобальной цифровизации при использовании технологий искусственного интеллекта // *Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2023: сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции (09-10 ноября 2023 года)* / редкол.: А.А. Горохов (отв. редактор), в 4-х томах, Том 1. Курск, ЗАО «Университетская книга», 2023, с. 434-437.

8. Травушкина А.А., Щелокова А.Н., Шиболденков В.А., Юсуфова О.М. Обзор перспектив развития технологии цифровых двойников продуктов, услуг и сервисов в секторе материального производства // *Вопросы инновационной экономики*, 2022, т. 12, no. 3, с. 1485-1502.

9. Шпак П.С., Сычёва Е.Г. Оценка экономической эффективности инновационно-активного предприятия как фактор его устойчивого развития // *Экономический вектор*, 2022, no. 1 (28), с. 133-142.

10. Шпак П.С., Сычева Е.Г., Меринская Е.Е. Концепция цифровых двойников как современная тенденция цифровой экономики // *Вестник Омского университета. Серия: Экономика*, 2020, т. 18, no. 1, с. 57-68.

11. Fukawa N., Rindfleisch A. Enhancing innovation via the digital twin // *Journal of Product Innovation Management*, 2023, т. 40, no. 4, pp. 391-406.

12. Global Digital Twin Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (System, Process and Product), By Application, By Industry, By Regional Outlook and Forecast, 2023-2030. Available at: <https://www.kbvresearch.com/digital-twin-market/> (дата обращения: 15.05.2024).

13. Jiewu Leng, Dewen Wang, Weiming Shen, Xinyu Li, Qiang Liu, Xin Chen. Digital twins-based smart manufacturing system design in Industry 4.0: A review // *Journal of Manufacturing Systems*, 2021, vol. 60, pp. 119-137.

14. John Magie. Industrial IoT Leaders // *Scientific and technical journal from the company*, 2020, no. 4, pp. 13-17.

15. Mark Hindsbo. Modeling in the era of digital transformation // *Scientific and technical journal from the company*, 2019, no. 5, pp. 1-4.

16. Sadeghi A. et al. Digital Twins for Condition and Fleet Monitoring of Aircraft: Towards More-Intelligent Electrified Aviation Systems // *IEEE Access*, 2024, pp. 1-8.

17. Website of a consulting company. Digital Twins: Adding intelligence to the real world. Available at: [https://prod.ucwe.capgemini.com/wp-content/uploads/2022/05/Capgemini-Research-Institute\\_DigitalTwins\\_Web.pdf](https://prod.ucwe.capgemini.com/wp-content/uploads/2022/05/Capgemini-Research-Institute_DigitalTwins_Web.pdf) (дата обращения: 12.05.2024).

18. M.C. Potgieter. Modeling and optimization of complex systems and processes // *Scientific and technical journal from the company*, 2021, no. 5, pp. 21-24.

---

# PROSPECTIVE TRENDS AND FORECASTS FOR THE DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE AVIATION INDUSTRY

---

**Shpak Polina Stepanovna**<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Econ.)

**Sycheva Ekaterina Gennadyevna**<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Econ.)

<sup>1</sup> BSTU "VOENMEKH" named after D.F. Ustinov", 1-ya Krasnoarmeyskaya St., 1, St. Petersburg, Russia, 190005; e-mail: shpakpolina03@yandex.ru

<sup>2</sup> St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov", ul. Pilotov, 38, St. Petersburg, Russia, 196210; e-mail: e.g.sycheva@yandex.ru

*Importance:* today, the issue of digitalization is particularly relevant. Reengineering of business processes, including technological ones, and the development of information technologies are associated with the need to create new ideas for the interaction of equipment and humans. One of the most promising new information technologies is the concept of digital twins. Its purpose is not only to prevent and eliminate crisis situations, but also to carry out technical maintenance of objects, as well as to optimize the training processes of individual elements at the system level. *Purpose:* to study the main trends in the digital twin market as one of the most promising digital technologies of our time. *Research design:* assuming that the dynamic development of this Internet of Things (IoT) system through hardware and software systems and the integration of their solutions is a popular digitalization tool. In modern conditions, the IoT concept has become an indispensable toolkit, which consists of technologically equipped elements that can interact with each other and with the environment. *Results:* the authors grouped the central tasks, highlighted the features of "smart" production; gave a forecast for the development of the global digital twin (DT) market; analyzed the profiles of needs for new production technologies; predicted and identified the main trends in the development of the global digital twin market; identified the central advantages of the system model of a hybrid digital twin.

**Keywords:** digitalization, innovation, digital twin, smart manufacturing, aviation industry.

## References

1. Galkina A.K. Obzor primeneniya informacionnyh tekhnologij v aviacionnoj otrasli ekonomiki [Review of the use of information technology in the aviation industry of the economy]. *V sbornike: Luchshaya nauchnaya rabota 2023. Sbornik*

*statej X Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa.* Penza, 2023, pp. 33-36. (In Russ.)

2. Makarov V.L., Bahtizin A.R., Beklaryan G.L. Razrabotka cifrovyyh dvojnikov dlya proizvodstvennyh predpriyatij [Deve-

lopment of digital twins for manufacturing enterprises]. *Business informatics*, 2019, t. 13, no. 4, pp. 7-16.

3. Mikhailenko N.N. Cifrovye platformy i razvitie biznesa: issledovanie vliyaniya i prakticheskie primery [Digital platforms and business development: impact study and practical examples]. *Modern economy: problems and solutions*, 2023, no. 8 (164), pp. 33-48. (In Russ.)

4. Negmatulloev Z.T., Nuriev M.K., Ungarov D.R. Perspektivy cifrovyyh informatsionnyh tekhnologiy [Prospects of digital information technologies]. *Eurasian Journal of Technology and Innovation*, 2023, Vol. 1, no. 5, Part 2, pp. 238-241. (In Russ.)

5. Panina I.V., Popov M.I. Opredelenie sushchnosti ponyatiya «ekonomicheskaya effektivnost'» dlya celej analiza effektivnosti deyatel'nosti kommercheskih organizatsiy. [Definition of the essence of the concept of "economic efficiency" for the purposes of analyzing the effectiveness of commercial organizations]. *Modern Economy: Problems and Solutions*, 2016, no. 4 (76), pp. 168-177. (In Russ.)

6. Purgaeva I.A., Nekrasova T.A., Naronina T.S. and Smotrova T.I. Cifrovaya transformatsiya promyshlennosti: problemy i perspektivy [Digital transformation of industry: problems and prospects]. *Modern Economy: Problems and Solution*, 2023, no. 1 (157), pp. 34-49. (In Russ.)

7. Titov D.E., Kobzistaya M.V., Kobzisty S.Yu. Riski i ugrozy global'noj cifrovizatsii pri ispol'zovanii tekhnologiy iskusstvennogo intellekta [Risks and threats of global digitalization using artificial intelligence technologies]. *Generation of the Future: The View of Young Scientists-2023: collection of scientific articles of the 12th International Youth Scientific Conference (November 9-10, 2023)* / editorial board: A.A. Gorokhov (editor-in-chief), in 4 volumes, vol. 1. Kursk, ZAO "University Book", 2023, pp. 434-437. (In Russ.)

8. Travushkina A.A., Shchelokova A.N., Shiboldenkov V.A., Yusufova O.M. Obzor perspektiv razvitiya tekhnologii cifrovyyh dvoynikov produktov, uslug i servisov v sektore material'nogo proizvodstva [Review of the prospects for the development of digital twin technology for products, services and services in the material production sector]. *Issues of Innovative Economics*, 2022, Vol. 12, no. 3, pp. 1485-1502. (In Russ.)

9. Shpak P.S., Sychyova E.G. Ocenka ekonomicheskoy effektivnosti innovatsionno-aktivnogo predpriyatiya kak faktor ego ustojchivogo razvitiya [Assessing the economic efficiency of an innovatively active enterprise as a factor in its sustainable development]. *Ekonomicheskij vector*, 2022, no. 1 (28), pp. 133-142. (In Russ.)

10. Shpak P.S., Sycheva E.G., Merinskaya E.E. Konceptiya cifrovyyh dvoynikov kak sovremennaya tendentsiya cifrovoy ekonomiki [The concept of digital twins as a modern trend in the digital economy]. *Vestnik Omskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2020, t. 18, no. 1, pp. 57-68. (In Russ.)

11. Fukawa N., Rindfleisch A. Enhancing innovation via the digital twin. *Journal of Product Innovation Management*, 2023, T. 40, no. 4, pp. 391-406. (In Eng.)

12. Global Digital Twin Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (System, Process and Product), By Application, By Industry, By Regional Outlook and Forecast, 2023-2030. Available at: <https://www.kbvresearch.com/digital-twin-market/> (accessed: 15.05.2024). (In Eng.)

13. Jiewu Leng, Dewen Wang, Weiming Shen, Xinyu Li, Qiang Liu, Xin Chen. Digital twins-based smart manufacturing system design in Industry 4.0: A review. *Journal of Manufacturing Systems*, 2021, no. 60, pp. 119-137. (In Eng.)

14. John Magie. Industrial IoT Leaders. *Scientific and technical journal from the company*, 2020, no. 4, pp. 13-17. (In Eng.)

15. Mark Hindsbo. Modeling in the era of digital transformation. *Scientific and technical journal from the company*, 2019, no 5, pp. 1-4. (In Eng.)

16. Sadeghi A. et al. Digital Twins for Condition and Fleet Monitoring of Aircraft: Towards More-Intelligent Electrified Aviation Systems. *IEEE Access*, 2024, pp. 1-8. (In Eng.)

17. Website of a consulting company. Digital Twins: Adding intelligence to the real world. Available at: [https://prod.ucwe.capgemini.com/wp-content/uploads/2022/05/Capgemini-Research-Institute\\_DigitalTwins\\_Web.pdf](https://prod.ucwe.capgemini.com/wp-content/uploads/2022/05/Capgemini-Research-Institute_DigitalTwins_Web.pdf). (In Eng.)

18. M.C. Potgieter. Modeling and optimization of complex systems and processes. *Scientific and technical journal from the company*, 2021, no. 5, pp. 21-24. (In Eng.)