

УДК 656.71

**КОНЦЕПЦИЯ «АЭРОПОРТ 4.0» КАК СТРАТЕГИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**Купрюхин А. А.,**

*кандидат экономических наук, доцент*

*ФГБОУ ВО СПбГУ ГА имени А.А. Новикова*

*г. Санкт-Петербург, Россия*

**Сливинский Д.В.,**

*кандидат экономических наук, доцент*

*ФГБОУ ВО СПбГУ ГА имени А.А. Новикова*

*г. Санкт-Петербург, Россия*

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию концепции «Аэропорт 4.0», которая представляет собой стратегическое направление цифровой трансформации аэропортов. В работе анализируются ключевые технологии, такие как искусственный интеллект, Интернет вещей и большие данные, которые способствуют созданию интеллектуальных экосистем аэропортов. Исследование обосновывает необходимость внедрения принципов «Аэропорт 4.0» для обеспечения конкурентоспособности и устойчивого развития авиационной отрасли в условиях цифровой экономики. Цель работы - уточнить выгоды от применения цифровых технологий на предприятиях воздушного транспорта. Учитывая тот факт, что на текущий момент имеется недостаточное число опубликованных исследований, посвященных цифровизации бизнес-процессов на предприятиях воздушного транспорта, исследование приобретает особую актуальность.

**Ключевые слова:** Предприятие воздушного транспорта, аэропорт, авиакомпания, бизнес-процесс, цифровизация

## ***THE AIRPORT 4.0 CONCEPT AS A STRATEGIC DIRECTION FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF AIR TRANSPORT ENTERPRISES***

***Kuprukhin A. A.,***

*candidate of economic sciences, associate professor*

*Federal state budgetary educational institution of higher education, Saint*

*Petersburg state university of civil engineering named after A.A. Novikov*

*Saint Petersburg, Russia*

***Slivinsky D.V.,***

*candidate of economic sciences, associate professor*

*Federal state budgetary educational institution of higher education, Saint*

*Petersburg state university of civil engineering named after A.A. Novikov*

*Saint Petersburg, Russia*

**Abstract.** This article explores the concept of "Airport 4.0," a strategic direction for the digital transformation of airports. It analyzes key technologies, such as artificial intelligence, the Internet of Things, and big data, that contribute to the creation of intelligent airport ecosystems. The study substantiates the need to implement "Airport 4.0" principles to ensure the competitiveness and sustainable development of the aviation industry in the digital economy. The aim of the study is to clarify the benefits of applying digital technologies in air transport enterprises. Given the current scarcity of published studies on the digitalization of business processes in air transport enterprises, this study is particularly relevant.

**Keywords:** Air transport enterprise, airport, airline, business process, digitalization

Актуальность статьи обусловлена необходимостью трансформации аэропортов в условиях цифровой экономики и растущих требований к эффективности, безопасности и экологической устойчивости. Внедрение в бизнес-процессы предприятий воздушного транспорта технологий интернет вещей (IoT), искус-

Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

ственного интеллекта (AI), дополненной реальности (AR) и больших данных (Big Data) позволяет оптимизировать операционную деятельность и создать персонализированный пассажирский опыт, что формирует ключевое конкурентное преимущество. Благодаря новым технологиям появляются цифровые платформы, которые позволяют использовать электронные документы, обеспечивать устойчивую связь между государством и авиаотраслью, внедрять систему отслеживания грузов и мониторинга грузоперевозок, создавать цифровой профиль пассажира, применять биометрию и т.п. Кроме того, исследование значимо для развития новых бизнес-моделей, ориентированных на неавиационные доходы и интеграцию аэропортов в мультимодальные транспортные экосистемы. В условиях глобальной конкуренции и ужесточения экологических стандартов выработка научно обоснованных подходов к реализации принципов концепции «Аэропорт 4.0» становится стратегической задачей для устойчивого развития отрасли воздушного транспорта.

Объектом исследования является концепция «Аэропорт 4.0», а предметом процессы и технологии, обеспечивающие цифровую трансформацию аэропорта в рамках концепции.

Современные авиакомпании сталкиваются с необходимостью постоянного совершенствования маркетинговых подходов, адаптированных к динамичным изменениям потребительских предпочтений и технологических инноваций. Аэропорты же сосредоточены на привлечении и удержании, на выгодных условиях, авиаперевозчиков и повышении привлекательности инфраструктуры, посредством внедрения передовых технологий, улучшении клиентского опыта пассажиров и персонализации сервисов, соответствующих технологической концепции «Аэропорт 4.0». Влияние новых технологий, таких как искусственный интеллект и биометрические решения, становится значимым фактором конкурентоспособности компаний авиационного сектора. Обобщим в табличной форме концепции развития аэропортов, по их функциональности и технологической оснащенности (таблица 1).

Таблица 1 - Анализ концепций развития аэропортов

Название концепции:	Аэропорт 1.0	Аэропорт 2.0	Аэропорт 3.0	Аэропорт 4.0
Ключевая система:	Базовая инфраструктура	Автоматизация и самообслуживание	Интеллектуальная интеграция	Когнитивный и устойчивый хаб
Период возникновения:	1920 - 1950 годы	1960 - 1990 годы	2000 - 2015 годы	2015 - настоящее время
Краткое описание концепции:	Ручная обработка данных и минимального технологического оснащения. Основная задача - обеспечение базовых потребностей пассажиров и минимальное использование цифровых технологий.	Технологии самообслуживания и первичное внедрение цифровых решений. В частности, речь идет о системах электронной регистрации, обработке данных о рейсах и первых попытках интегрировать технологию IoT.	Характеризуется активным использованием Big Data, IoT и AI для принятия стратегических решений. Управления процессами осуществляется на основе предиктивного анализа, оптимизации ресурсов и автоматической диагностики неисправностей. В аэропортах третьего типа начинается массовое внедрение биометрических систем и активное формирование экосистемы цифрового обслуживания пассажиров.	Финальный этап предполагает полную автономию аэропорта, основанную на искусственном интеллекте и 5G-технологиях. Реализуется полная интеграция транспортных потоков, городских сетей и устойчивых энергетических решений. Такой уровень развития направлен на максимальную энергоэффективность и снижение углеродного следа.

Представленная классификация этапов развития аэропортов (от «Аэропорт 1.0» до «Аэропорта 4.0») является наглядным примером того, как эволюционируют транспортные узлы в рамках цифровой трансформации. Важно отметить чёткость выделения каждого этапа и пояснения ключевых характеристик, позволяющих проследить постепенное усложнение и прогресс инфраструктурных решений. Большинство российских аэропортов (особенно региональные), согласно представленной классификации, находятся на промежуточных этапах (от 2.0 до 3.0), что обусловлено ограниченными бюджетами на цифровизацию и отсутствием чётких стратегий модернизации. Тем не менее, пандемия COVID-19 стимулировала внедрение отдельных элементов этапа 3.0, таких как автоматизация ряда рабочих процессов и внедрение цифровых решений для управления потоками пассажиров. Также следует отметить, что переходные

периоды не имеют строгих временных границ. Например, многие аэропорты в развивающихся странах до сих пор находятся на стадии 1.0 – 2.0 из-за ограниченных инвестиций в ИТ-инфраструктуру. В России и странах СНГ переход к этапам 3.0 и 4.0 начался позднее (с 2010-х годов) и продолжается в настоящее время, что связано с экономическими, политическими и технологическими сложностями.

Разберем подробнее концепцию «Аэропорт 4.0» и ее влияние на работу предприятий воздушного транспорта. Данная концепция цифровой трансформации аэропортов основана на технологиях четвертой промышленной революции (Industry 4.0). Она предполагает интеграцию интернет вещей (IoT), искусственного интеллекта (AI), больших данных (big data), робототехники и автоматизации для создания интеллектуальных, когнитивных и устойчивых авиационных хабов. Ключевыми аспектами концепции «Аэропорт 4.0» являются:

1. Искусственный интеллект и машинное обучение (AI). Системы машинного обучения анализируют множество данных о погоде, трафике, технических проблемах и других факторах. Они используются для оптимизации процессов, например, планирование обслуживания инфраструктуры, автоматизированного контроля безопасности и персонализированного обслуживания пассажиров. AI также помогает анализировать поведение и отзывы пассажиров для улучшения сервиса. Работа искусственного интеллекта основна на технологиях Big Data, что делает возможным предоставление полной информации для авиационных операций, осуществляется синхронизация и взаимосвязь всех аспектов, связанных с управлением бизнес-процессами и безопасностью, что в свою очередь повышает производительность.

2. Интернет вещей (IoT). Технология, в которой различные устройства и объекты, оснащенные датчиками и подключенные к интернету, могут обмениваться данными между собой и с другими системами без участия человека. Эти устройства могут собирать, анализировать и передавать информацию, что позволяет автоматизировать процессы и улучшать управление различными системами.

Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

мами. К интернет вещей относят устройства и датчики, сети связи, облачные платформы и соответствующее программное обеспечение, которое анализируют данные и управляют устройствами IoT, обеспечивая их взаимодействие и автоматизацию процессов. Это позволяет отслеживать багаж, управлять энергопотреблением, контролировать состояние оборудования и оптимизировать логистику внутри аэропортового комплекса.

3. Биометрические системы, как часть технологии IoT. В частности это системы распознавания лиц, сканеры отпечатков пальцев, системы, которые сканируют радужную оболочку глаза. Предназначены для контроля доступа, ускорения процессов регистрации, паспортного контроля и посадки.

4. Цифровые двойники (Digital Twins) - это виртуальная модель аэропорта, которая использует данные в реальном времени для симуляции и анализа поведения своего физического аналога. Например, для моделирования операций, прогнозирования сбоев, задержек рейсов, форс-мажоров и планирования энергосберегающих мер.

5. Робототехника в аэропортах. Используется для автоматизации различных процессов, повышения эффективности обслуживания пассажиров и улучшения безопасности. Например:

- Роботы-помощники для взаимодействия с пассажирами, которые могут предоставлять информацию о рейсах, указывать направление к выходам на посадку, отвечать на вопросы о расписании и услугах аэропорта. Некоторые роботы могут даже сопровождать пассажиров до нужного места.

- Автоматизированные уборочные машины используются для поддержания чистоты в терминалах. Они могут убирать мусор, мыть полы и дезинфицировать поверхности, что особенно важно в условиях высокой проходимости.

- Роботы для автоматической сортировки и транспортировки багажа. Они могут перемещать багаж между различными зонами аэропорта, что ускоряет процесс обработки и снижает вероятность потерь.

- Роботы службы безопасности: Роботы с камерами и датчиками могут патрулировать территорию аэропорта, выявляя подозрительные объекты или поведение. Они могут передавать данные в реальном времени на контрольные пункты, что помогает быстро реагировать на потенциальные угрозы.

- Роботы для обслуживания самолетов: Некоторые аэропорты используют роботов для выполнения задач по обслуживанию самолетов, таких как заправка, очистка и проверка технического состояния. Это позволяет ускорить процессы обслуживания и снизить затраты.

- Автоматизированные системы погрузки и разгрузки могут использоваться для перемещения грузов и багажа на самолеты и обратно. Это повышает эффективность работы и снижает нагрузку на персонал.

Роботы в аэропортах помогают улучшить качество обслуживания, повысить безопасность и снизить затраты, делая авиаперелеты более комфортными и надежными для пассажиров.

Таким образом, концепция «Аэропорт 4.0» кардинально трансформирует процессы в аэропорту, делая акцент на цифровизации, больших данных и устойчивом развитии. Изучим ключевые аспекты влияния концепции на внешних потребителей аэропортовых услуг:

1. Персонализация и улучшение пассажирского опыта На основе данных AI и AR (дополненная реальность) предлагает персонализированные рекомендации по покупкам в магазинах, ресторанам и развлечениям в терминале. Технологии биометрии, AI и AR обеспечивают комфортную навигацию в терминале для пассажиров, что повышает их удовлетворенность и лояльность. А биометрические системы ускоряют процессы регистрации и контроля, что уменьшает задержки в трафике и улучшает имидж авиакомпаний, работающих в таком аэропорту.

2. Сервисная поддержка пассажиров. Высокоскоростной Wi-Fi и мобильные приложения управляют всем путешествием пассажира - от бронирования билета до выхода на посадку. Опросы показывают, что надежный Wi-Fi остается Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

ся одним из главных запросов пассажиров, особенно в международном терминале.

3. Новые источники дохода, в частности, неавиационные доходы (Non-Aeronautical Revenue, NAR). Цифровые технологии позволяют развивать электронную торговлю, персонализированную рекламу и услуги (например, click-and-collect в магазинах аэропорта) . Urban Air Mobility (UAM): аэропорты интегрируются с городской мобильностью, включая вертопорты для электрических воздушных такси (eVTOL).

4. Повышение операционной устойчивости и снижение затрат. Внедрение технологий Интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (AI) и цифровых двойников позволяет оптимизировать управление ресурсами, включая обработку багажа, управление гейтами и наземное обслуживание в режиме реального времени. Это сокращает время простоя самолетов и операционные расходы авиакомпаний, что делает аэропорт более привлекательным партнером с точки зрения тарифной политики. Например, системы прогнозирования на основе AI помогают минимизировать задержки рейсов, которые являются критическим фактором для авиаперевозчиков. В то же время цифровые двойники позволяют моделировать сценарии управления сбоями, что дает возможность аэропорту справляться с нарушениями и предлагать авиакомпаниям более надежные условия.

5. Улучшение качества данных и аналитики. Аэропорты 4.0 используют большие данные и аналитику для предоставления авиакомпаниям детальной информации о пассажиропотоке, поведении пассажиров и операционных показателях. Это позволяет авиакомпаниям оптимизировать расписание, ценообразование и маркетинговые стратегии по работе с целевым рынком по направлениям воздушных линий.

6. Развитие устойчивой инфраструктуры. Концепция «Аэропорт 4.0» включает зеленые технологии, такие как использование солнечной энергии, управление отходами и инфраструктура для электромобилей. Это соответствует

Вектор экономики | [www.vectoreconomy.ru](http://www.vectoreconomy.ru) | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

ет растущим требованиям авиаперевозчиков к уменьшению углеродного следа и устойчивому развитию. Например, аэропорты внедряют водородные хабы и системы энергосбережения, что может быть ключевым аргументом при привлечении экологически ориентированных авиакомпаний.

7. Интеграция в мультимодальные хабы. Аэропорт 4.0 превращается в мультимодальный хаб, интегрируясь с высокоскоростными поездами, городским транспортом и такси. Это расширяет зону охвата аэропорта и повышает его привлекательность для авиакомпаний, так как обеспечивает дополнительный пассажиропоток.

Однако несмотря на все преимущества, главной проблемой концепции является кибербезопасность и интеграция устаревших систем. Подключенные системы уязвимы для хакерских атак, что требует инвестиций в защиту данных. Но, концепция «Аэропорт 4.0» - это не просто технологический апгрейд, а фундаментальное преобразование аэропортов в интеллектуальные, устойчивые и клиентоориентированные хабы. Хотя внедрение сталкивается с финансовыми, техническими и регуляторными вызовами, преимущества в виде эффективности, новых доходов и улучшенного опыта клиентов делают этот тренд ключевым для будущего авиации. Концепция «Аэропорт 4.0» трансформирует все бизнес-процессы предприятий воздушного транспорта, делая акцент на операционной эффективности, устойчивости и интеграции, что напрямую влияет на привлечение и удержание авиаперевозчиков. Аэропорты, внедряющие эти технологии, становятся не просто инфраструктурными объектами, а стратегическими партнерами, предлагающими комплексные решения для роста и развития авиакомпаний.

#### **Библиографический список:**

1. Кротова Е.Л., Андреев Р.А., Андреева П.А. Big data в авиационной отрасли: варианты применения. / Кротова Е.Л., Андреев Р.А., Андреева П.А. // Международный научно-исследовательский журнал. № 5 (107). [Электронный ресурс].

- Режим доступа — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/big-data-v-aviatsionnoy-otrasli-varianty-primeneniya/viewer> (Дата обращения 25.09.2025)
2. Новые технологии авиаперевозок / Информационный бюллетень НИУ ВШЭ. // [Электронный ресурс]. — Режим доступа URL: <https://issek.hse.ru/trendletter/news/211410732.html> (Дата обращения 25.09.2025)
3. Соколов О. А., Васин И. Ю. Внедрение биометрических технологий для обслуживания пассажиров в аэропортах. / Соколов О. А., Васин И. Ю. // Журнал «Научный лидер». 2023. № 10 (108). [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <https://scilead.ru/article/4118-vnedrenie-biometricheskikh-tekhnologij-dlya-o> (Дата обращения 25.09.2025)
4. Технологические тренды в аэропортах. — Портал TAdviser. [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <https://www.tadviser.ru/a/429933> (Дата обращения 25.09.2025)
5. Цифровая трансформация в авиатранспортной отрасли. — Газета «Транспорт России». 15.06.2022. [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: <https://transportrussia.ru/razdely/vozdushnyj-transport/8901-tsifrovaya-transformatsiya-v-aviatransportnoj-otrasli.html> (Дата обращения 25.09.2025)
6. Наумкин А.Д. Пути цифровой трансформации процессов взаимодействия аэропортов и авиакомпаний / Наумкин А.Д. // Кибернетика и программирование. [Электронный ресурс]. — Режим доступа — URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=29966](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=29966) (Дата обращения 25.09.2025)

*Оригинальность 81%*