

Научная статья  
УДК 338.47  
doi: 10.17586/2713-1874-2025-1-46-56

## «АЭРОПОРТ 4.0»: ИННОВАЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ АЭРОПОРТОВ

*Евгения Максимовна Севрюкова<sup>1</sup>✉, Даниил Сергеевич Бурцев<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия  
<sup>1</sup>evgeniasevrukova5@gmail.com✉, <https://orcid.org/0009-0000-1443-1846>  
<sup>2</sup>dsburtcev@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4825-1162>  
Язык статьи – русский

**Аннотация:** В современных реалиях авиационная отрасль сталкивается с вызовами роста пассажиропотока (на 5,8% ежегодно до 2040 года), а также с повышенными ожиданиями пассажиров в вопросах обеспечения качества и скорости обслуживания. Статья посвящена исследованию инновационной концепции развития аэропортов – «Аэропорт 4.0». Это новый подход к управлению аэропортами, направленный на повышение их эффективности, безопасности и удобства для пассажиров за счёт использования современных цифровых технологий. Цель исследования заключается в оценке потенциала и готовности российских аэропортов к внедрению концепции «Аэропорт 4.0». В статье рассмотрены примеры успешного применения концепции «Аэропорт 4.0» в мировых аэропортах, а также проведена оценка степени цифровой зрелости крупнейших аэропортов России, таких как Шереметьево и Пулково. Внедрение концепции «Аэропорт 4.0» представляет собой актуальное и перспективное направление развития авиационной отрасли. Исследование показало, что данная концепция не только повысит конкурентоспособность отечественных аэропортов, но и позволит отрасли успешно адаптироваться к современным вызовам. Это подчеркивает необходимость продолжения научных исследований в данной области, поскольку концепция «Аэропорт 4.0» находится на стадии становления и требует дальнейшего теоретического и практического осмысления.

**Ключевые слова:** авиационная отрасль, концепция «Аэропорт 4.0», умный аэропорт, цифровая трансформация, цифровизация, цифровые технологии

**Ссылка для цитирования:** «Аэропорт 4.0»: инновационная концепция развития аэропортов // Экономика. Право. Инновации. 2025. № 1. С. 46–56. <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2025-1-46-56>.

## AIRPORT 4.0: AN INNOVATIVE AIRPORT DEVELOPMENT CONCEPT

*Evgeniya M. Sevryukova<sup>1</sup>✉, Daniil S. Burtsev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ITMO University, Saint Petersburg, Russia  
<sup>1</sup>evgeniasevrukova5@gmail.com✉, <https://orcid.org/0009-0000-1443-1846>  
<sup>2</sup>dsburtcev@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4825-1162>  
Article in Russian

**Abstract:** In today's realities, the aviation industry is facing the challenges of growing passenger traffic (by 5.8% annually until 2040), as well as increased passenger expectations in terms of quality and speed of service. The article is devoted to the research of the innovative concept of airport development – "Airport 4.0". This is a new approach to airport management aimed at improving their efficiency, safety and convenience for passengers through the use of modern digital technologies. The purpose of the study is to assess the potential and readiness of Russian airports to implement the Airport 4.0 concept. The article examines examples of successful application of the Airport 4.0 concept at world airports, as well as an assessment of the degree of digital maturity of Russia's largest airports, such as Sheremetyevo and Pulkovo. The implementation of the Airport 4.0 concept is an urgent and promising direction for the development of the aviation industry. The study showed that this concept will not only increase the competitiveness of domestic airports, but also allow the industry to successfully adapt to modern challenges. This underscores the need to continue scientific research in this area, since the concept of Airport 4.0 is in its infancy and requires further theoretical and practical understanding.

**Keywords:** aviation industry, digitalization, digital transformation, digital technologies, smart airport, the concept of «Airport 4.0»

**For citation:** Sevryukova E. M., Burtsev D. S. Airport 4.0: An Innovative Airport Development Concept. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2025. No. 1. pp. 46–56. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2025-1-46-56>.

**Введение.** Цифровизация и современные технологии играют важную роль в развитии всех отраслей экономики, в том числе и в авиационной отрасли. Мировая гражданская авиация стремительно развивается. Ежегодный рост пассажиропотока заставляет операторов аэропортов пересматривать свои инфраструктурные возможности, задумываться об увеличении пропускной способности, о совершенствовании процессов, использовании современных моделей получения прибыли, а также о новых способах предоставления услуг, как авиационных, так и неавиационных, в соответствии с растущими требованиями пассажиров и авиакомпаний.

С учетом быстрого развития инноваций и проведения цифровой трансформации в авиационной отрасли современным аэропортам необходимо улучшать и оптимизировать свои бизнес-процессы за счёт внедрения передовых технологий. В связи с этим нужно проводить исследования и осуществлять работу по созданию и внедрению инновационных подходов к развитию аэропортов, направленных на повышение их эффективности и конкурентоспособности.

Примером такого инновационного подхода является концепция «Аэропорт 4.0», которая основана на интеграции цифровых технологий, автоматизации процессов и аналитики больших данных, созданная для улучшения обслуживания пассажиров, повышения эффективности работы аэропорта и обеспечения безопасности.

Применение данной концепции на практике является актуальным направлением развития аэропортовых комплексов по нескольким причинам. Во-первых, наблюдается ежегодный рост пассажиропотока. Так, Международный совет аэропортов (АСИ) прогнозирует среднегодовой рост пассажиропотока на 5,8% в период с 2022 по 2040 годы. К 2040 году через аэропорты мира ежегодно будут проходить свыше 19 миллиардов пассажиров [1]. Во-вторых, наблюдается стремительное развитие современных технологий, внедрение которых уже сегодня меняет традиционные модели работы аэропортов и существенно влияет на качество обслуживания пассажиров. В отчёте International Air Transport Association (IATA) Annual Review 2023 отмечается, что в настоящее время

наблюдаются высокие темпы роста инвестиций в автоматизацию и цифровизацию аэропортовых процессов с целью упрощения формальных процедур, с которыми сталкиваются пассажиры в аэропорту [2].

Обобщая сказанное выше, можно сделать вывод, что тема развития и внедрения концепции «Аэропорт 4.0» в работу аэропортов является актуальной и соответствует вызовам современной авиационной отрасли.

Объектом исследования выступает авиационная отрасль Российской Федерации и мира, а предметом – концепция «Аэропорт 4.0».

**Целью исследования** является оценка потенциала и готовности российских аэропортов к внедрению концепции «Аэропорт 4.0».

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1) Изучить теоретические аспекты концепции «Аэропорт 4.0», а также технологии и инновации, применяемые в рамках данной концепции.

2) Сформулировать основные принципы концепции «Аэропорт 4.0».

3) Исследовать опыт успешной реализации концепции на примере международных аэропортов.

4) Провести анализ цифровой зрелости крупнейших российских аэропортов.

Гипотеза: внедрение концепции «Аэропорт 4.0», основанной на использовании цифровых технологий, автоматизации процессов и анализе больших данных, может значительно повысить конкурентоспособность аэропортов. Предполагается, что интеграция современных информационных систем позволит оптимизировать операционные процессы, повысить эффективность обслуживания пассажиров, улучшить безопасность полётов, сократить временные затраты и повысить уровень удовлетворенности клиентов.

**Литературный обзор.** «Аэропорт 4.0» является синонимом концепции умного аэропорта. В литературе встречаются научные работы, где проводится анализ и изучение данной концепции. Например, в зарубежных научных статьях авторы рассматривают подходы к развитию умного аэропорта, уделяют внимание вопросам цифровизации процессов, анализируют технологии и особенности

их применения в рамках концепции «Аэропорт 4.0» [3–5].

Существуют различные трактовки понятия «Аэропорт 4.0». Так, в работе [6] группа учёных определяет данное понятие как умный аэропорт, использующий технологии для сбора данных и их стратегического анализа в реальном времени с целью принятия решений и обмена информацией. Этот подход позволяет улучшить управление аэропортами и оптимизировать их работу, а также лучше понимать поведение пассажиров. В работе [3] авторы приходят к выводу: понятие умного аэропорта непосредственно связано с концепцией умного города. По их мнению, умный аэропорт – это определяющая подсистема умного города.

Изучая научные публикации российских авторов, можно отметить исследование, проведённое Г. В. Головченко, Ю. М. Чинючим и С. В. Далецким [7]. В работе они представили уровни развития воздушных гаваней, соответствующие определённому уровню цифровизации, а также описали суть концепции «Аэропорт 4.0». Данное понятие является более популярным и востребованным за рубежом, где чаще используется для описания цифровой трансформации авиационной отрасли.

Цифровая трансформация имеет непосредственную прямую связь с концепцией «Аэропорт 4.0» и является ключевым фактором в создании и успешной реализации данной концепции на практике. Тематика цифровой трансформации авиационной отрасли активно обсуждается в работах В. С. Зубаревой, Э. М. Бакинской [8], А. А. Ермакова [9], А. Д. Наумкина [10].

Особый интерес представляет научное исследование [11], в котором авторы утверждают, что организационная готовность, инновации и инфраструктурные возможности аэропорта оказывают значительное влияние на цифровые изменения аэровокзальных комплексов.

Анализ научных источников показал, что исследование концепции «Аэропорт 4.0» на сегодняшний день является актуальным и

востребованным. Зарубежные авторы подчёркивают значимость цифровизации процессов в аэропортах, проводят анализ технологий и способов их реализации в рамках концепции умного аэропорта. Аэропортам, стремящимся достичь такого уровня зрелости, необходимо переводить в цифровой формат все ключевые бизнес-процессы и функции, начиная от обслуживания пассажиров и заканчивая управлением ресурсами, инфраструктурой и административными процессами.

**Материалы и методы.** Тип исследования носит теоретический характер. В работе использовался метод систематизации, с помощью которого определены уровни развития аэропортовых комплексов. Метод анализа позволил изучить теоретические аспекты концепции «Аэропорт 4.0». С помощью метода обобщения сформулированы принципы рассматриваемой концепции. Сравнительный анализ и бенчмаркинг позволили изучить мировой опыт успешного применения концепции на примере зарубежных международных аэропортов, а также провести оценку уровня загруженности крупнейших аэропортов РФ, потенциал и готовность российских аэропортов к внедрению концепции «Аэропорт 4.0».

Информационной базой исследования являлись интернет-ресурсы и отчеты таких организаций, как International Air Transport Association (IATA), Airports Council International (ACI), IMARC Group, Федеральное агентство воздушного транспорта (ФАВТ). Прогнозные данные пассажиропотока на воздушном транспорте в мире в период с 2022 по 2040 гг. получены из официального источника ACI. Показатели пассажиропотока на воздушном транспорте в РФ получены из официальных сайтов аэропортов и ФАВТ.

**Теоретические основы концепции «Аэропорт 4.0».** На сегодняшний день выделены четыре уровня развития аэропортовых комплексов в зависимости от уровня адаптивности технологий в процессы аэропорта (рисунок 1).



Рисунок 1 – Уровни развития аэропортовых комплексов

Источник: составлено авторами на основе [7]

«Аэропорт 1.0» считается классическим аэропортом, где большинство процессов выполняется персоналом вручную, так называемым «аналоговым способом», где при этом используются базовые ИТ-решения. Аэропорты этого типа обычно ведут бизнес в формате B2B, не предоставляя каких-либо услуг непосредственно пассажиру.

«Аэропорт 2.0» характеризуется наличием системы самообслуживания пассажиров в таких процессах, как регистрация, сдача багажа, проверка документов пассажиров. Широко распространено применение технологии Wi-Fi.

«Аэропорт 3.0» – это аэропорт, где цифровые технологии активно используются в большинстве процессов. Оптимизированы мониторинг процессов и обработка потоков данных, применяется расширенная аналитика, используется визуализация процессов, обеспечена высокая степень интеграции аэропортовой деятельности и информационных технологий. В таких аэропортах основные операционные процессы полностью автоматизированы.

В результате четвертой промышленной революции по всему миру развивается концепция «умного аэропорта» или «Аэропорт 4.0», которая конкретным образом меняет традиционную систему функционирования аэропортовых комплексов. Понятие «Аэро-

порт 4.0» появилось благодаря парадигме Индустрия 4.0, предполагающей переход всех процессов в цифровую среду.

«Аэропорт 4.0» считается последним этапом развития аэропортов с точки зрения цифровой трансформации, так как он является интеллектуальной системой, активно применяющей новейшие технологии. Такой аэропорт характеризуется высокой степенью автоматизации и взаимодействия всех участников процессов обслуживания — пассажиров, багажа, грузов, воздушных судов и других объектов – в режиме реального времени.

Аэропорты, использующие данную концепцию, делают акцент на развитии цифровой экосистемы, которая подразумевает максимальное взаимодействие с пассажирами, авиакомпаниями и другими участниками.

Основные технологии, свойственные концепции «Аэропорт 4.0», представлены схематично на рисунке 2. Умный аэропорт представляет собой интеграцию современных технологий, таких как Интернет вещей (IoT), биометрия, технологии расширенной аналитики (машинное обучение) и облачных вычислений, искусственный интеллект (AI), Big Data, дополненная и виртуальная реальность (AR/VR) и другие. Все эти технологии направлены на улучшение качества обслуживания пассажиров и повышение эффективности работы аэропорта.

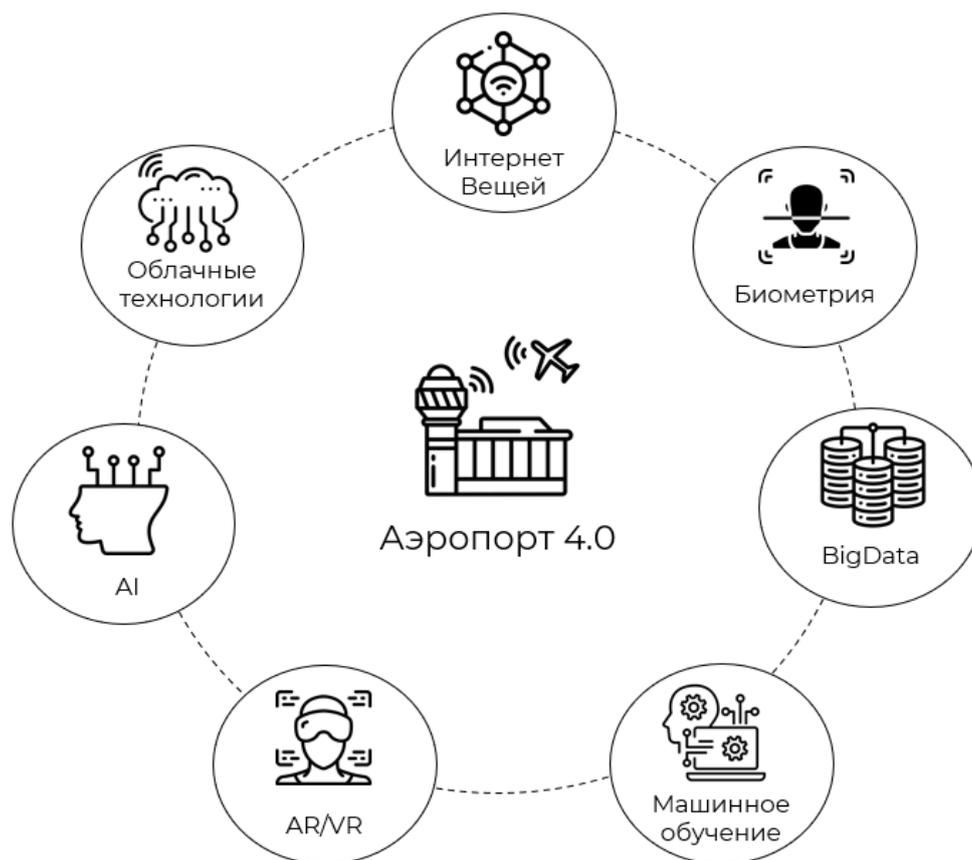


Рисунок 2 – Технологии, применяемые в рамках умного аэропорта («Аэропорт 4.0»)

Источник: составлено авторами на основе [12]

Статус «Аэропорт 4.0» подразумевает оснащённость аэропорта в шести технологических кластерах: «Управление и мониторинг пассажиров в терминале», «Автоматизация процессов», «Совместное принятие решений», «Умный терминал», «Обратная связь с пассажиром», «Прогнозные инструменты» [13]. Применение всех шести технологических кластеров является идеальным сценарием функционирования аэропортов на базе «Аэропорт 4.0».

Растущий спрос на строительство и модернизацию существующих аэропортов в концепции «Аэропорт 4.0» обусловлен не только повышением эффективности процессов, но и потребностью в использовании современных и эффективных методов гарантирования авиационной безопасности и безопасности полетов, улучшением экологической обстановки за счёт экотехнологий и других инноваций, а также получения конкурентных преимуществ и привлекательности аэропортовых комплексов.

Помимо вышеперечисленного, стоит отметить, что на развитие концепции «Аэропорт 4.0» прямое влияние оказывает ежегодный рост пассажиропотока в мире. Постоянно растущий поток пассажиров требует более эффективного и инновационного подхода к управлению аэропортовым комплексом. Согласно данным Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA), объем пассажирских перевозок в мире за 2023 г. вырос на 36,9% по сравнению с 2022 г. По прогнозам Международного совета аэропортов (ACI), количество перевезённых пассажиров в 2024 году достигнет отметки 9,4 миллиарда человек, что превысит число перевезённых пассажиров в 2019 году (9,2 млрд) [14].

На основе проведенного анализа концепции «Аэропорт 4.0» можно выделить ключевые её принципы.

1) Операторы аэропортов стремятся к внедрению и использованию современных технологий, направленных на цифровизацию и автоматизацию процессов, начиная от бро-

нирования авиабилетов и заканчивая обработкой багажа, что позволяет ускорить процесс обслуживания и снизить вероятность возникновения ошибок.

2) Использование технологии Big Data и аналитики позволяет операторам собирать и анализировать данные для принятия стратегических решений, выявлять тенденции роста или падения спроса на перевозки или отдельные бизнес-процессы.

3) Разработка мобильных технологий и онлайн-сервисов позволяет пассажирам получать информацию об аэропортовом комплексе в режиме реального времени в быстром и удобном формате.

4) Внедрение технологий Интернета вещей (IoT) позволит повысить эффективность обслуживания, следить за состоянием инфраструктуры и обеспечивать безопасность пассажиров.

5) Создание экосистемных платформ, подразумевающих партнёрские отношения аэропортов с различными компаниями, организациями и стартапами, позволяет создавать совместные цифровые продукты и сервисы для развития и повышения привлекательности аэропортового комплекса.

**Анализ опыта применения технологий «Аэропорт 4.0» в мировой практике.** Согласно данным международной исследовательско-консалтинговой группы IMARC Group объём мирового рынка умных аэропортов в 2023 году достиг 33,9 млрд долларов США. Ожидается, что рынок умных аэропортов к 2032 году достигнет 77,0 миллиарда долларов США, таким образом, демонстрируя темпы роста (CAGR) в 9,3% в период с 2024 по 2032 годы [15].

В отчёте компании IMARC Group также представлен комплексный анализ регионов, где больше всего доминируют умные аэропорты. Наибольшее количество интеллектуальных аэропортов, функционирующих на базе «Аэропорт 4.0», расположено в Северной Америке. Основная причина лидерства региона – это высокий уровень технологического развития стран региона, таких как США и Канада. В этих странах насчитывается огромное количество технологических компаний и стартапов, активно занимающихся исследованиями и разработками технологий в области интеллектуальных аэропортов. Эти

компании обладают высоким уровнем инвестиций. На территории этих стран базируются такие технологические гиганты, как Ascent Technology Inc, Cisco Systems Inc, Sabre Corporation, Honeywell International Inc и др.

Крупные авиационные хабы, такие как международный аэропорт Атланты Хартсфилд-Джексон и международный аэропорт Лос-Анджелеса, большую часть инвестиций вкладывают в технологии Интернета вещей (IoT) для мониторинга в режиме реального времени аэропортовых процессов, в прогнозирующую аналитику на основе искусственного интеллекта и в системы биометрической идентификации. Благодаря обновлению системы обработки данных за счёт интеграции машинного обучения и искусственного интеллекта в международном аэропорту Атланты время получения аналитических данных снизилось с тридцати минут до пяти, что улучшило процесс принятия оперативных решений в управлении аэропортовыми процессами. Помимо этого, данный аэропорт внедрил систему биометрической идентификации на всех сорока выходах на посадку в международном терминале аэропорта для обеспечения бесперебойного обслуживания пассажиров [16].

Китайский аэропорт Шэньчжэнь Баоань (Китай) является эталоном промышленной цифровой трансформации аэропортов в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Аэропорт совместно с Huawei реализует проект цифровой трансформации. Уже сегодня функционирует цифровая платформа «Интеллектуальный операционный центр», позволяющая отслеживать пять основных бизнес-процессов: обслуживание рейсов, пассажиров, багажа, грузов и почты. Также в аэропорту активно применяются системы видеоаналитики на основе искусственного интеллекта в процессах наземного обслуживания в целях предотвращения незаконной деятельности. В аэропорту пассажиры используют технологию распознавания лиц в качестве единственного средства идентификации в каждой зоне аэропорта. Вышеперечисленные возможности аэропорта позволяют отнести его к аэропорту, применяющему на практике концепцию «Аэропорт 4.0».

Сегодня международный аэропорт Дубай (ОАЭ), аэропорт Чанги (Сингапур), Хитроу

(Лондон), Хандэда (Токио, Япония) имеют репутацию инновационных и технологически продвинутых хабов, что делает их крупными игроками рынка умных аэропортов, применяющих в своей работе передовые технологии и инновации.

Представленные примеры свидетельствуют о значительном потенциале и перспективах дальнейшего развития инновационных решений и использования концепции «Аэропорт 4.0» в деятельности аэропортов.

**Оценка потенциала и готовности российских аэропортов к внедрению концепции «Аэропорт 4.0».** Основываясь на проведенном анализе мировой практики применения концепции «Аэропорт 4.0» и изучив теоретические её аспекты, можно сделать вывод о том, что внедрение рассматриваемой концепции в практику работы российских

аэропортов имеет важное стратегическое значение для развития авиационной отрасли РФ.

Для оценки потенциала и готовности российских аэропортов к внедрению концепции «Аэропорт 4.0» необходимо провести анализ существующей инфраструктуры и технологий, применяемых в аэропортах РФ. Для анализа выбраны крупные и современные воздушные гавани: аэропорт Шереметьево и Пулково. Это комплексы, обладающие современной инфраструктурой, высоким уровнем сервиса и обслуживания пассажиров, которые активно внедряют новейшие технологии для улучшения эффективности работы и безопасности.

В таблице 1 представлены сервисы и технологии, которые используются аэропортами Пулково (Санкт-Петербург) и Шереметьево (Москва) в основных процессах аэропортов.

Таблица 1

**Технологии и сервисы, используемые в аэропортах Пулково и Шереметьево**

*Источник: разработано авторами*

Процесс	Разработанные сервисы	Технологии
<b>Аэропорт Пулково</b>		
Посадка пассажиров на борт	Система электронных мобильных посадочных билетов	Мобильные технологии
Заправка воздушных судов	Цифровая блокчейн-платформа «Смарт Фьюэл», позволяющая пилотам заказывать топливо в онлайн-режиме и формировать электронный расходный ордер	Блокчейн
Предполётная проверка документов	Автоматизированная система проверки посадочных документов	Мобильные технологии
Управление ресурсами	Система планирования и управления персоналом и техническими ресурсами аэропорта для обеспечения полного цикла обслуживания воздушных судов: с момента приземления до момента взлета, включая подготовку данных для взаиморасчетов с авиакомпаниями и контрагентами.	Искусственный интеллект, Big Data, цифровой двойник
<b>Аэропорт Шереметьево</b>		
Управление аэропортовым производством	Цифровая экосистема, управляющая в автоматическом режиме аэропортовым производством за счет обработки больших объемов данных. Цифровой двойник, моделирующий работу взлетно-посадочных полос, пассажирских и грузовых терминалов, систем обработки багажа и досмотрового обслуживания, персонала и техники [17]	Блокчейн, Big Data, искусственный интеллект

Процесс	Разработанные сервисы	Технологии
Навигация по зонам аэропорта	Мобильное приложение с дополненной реальностью на основе технологии визуального позиционирования, позволяющее пользователям быстрее ориентироваться в терминалах аэропорта	Мобильные технологии, AR
Прохождение предполётного и паспортного контроля	Пилотная система биометрической идентификации пассажиров	Биометрия

Шереметьево можно считать аэропортом, функционирующим на принципах концепции «Аэропорт 4.0». Он является самым высокотехнологичным аэропортовым комплексом в России, который опережает многие иностранные аэропорты по автоматизации и цифровизации процессов обслуживания пассажиров, багажа, грузов и воздушных судов. В Шереметьево активно применяются решения на основе искусственного интеллекта, системы распознавания лиц, а также цифровые технологии для оптимизации операций и управления ресурсами. Это единственный аэропорт в РФ, внедривший цифровую экосистему для управления аэропортовым производством.

Проанализировав опыт внедрения и использования технологий в Пулково, можно утверждать, что аэропорт находится на третьем уровне развития аэропортов («Аэропорт 3.0»), так как внедряемые технологии и инновации уступают аэропорту Шереметьево.

Руководство аэропорта Пулково ведёт работу над внедрением цифровых технологий в процессы аэропортового комплекса, но уровень использования инноваций пока не достигает полного соответствия стандартам концепции «Аэропорт 4.0». Для достижения этих целей необходимо перенять опыт Шереметьево в управлении аэропортовым производством, внедрив цифровую экосистему, а также оптимизировав процесс прохождения предполётного и паспортного контроля посредством системы биометрической идентификации.

В настоящее время крупные российские аэропорты испытывают потребность в технологических преобразованиях, в связи с ежегодным ростом пассажиропотока. На рисунке 3 представлена динамика изменения пассажиропотока в аэропортах Москвы (Шереметьево), Санкт-Петербурга (Пулково), Сочи, Новосибирска (Толмачёво) в период с 2021 по 2023 гг.

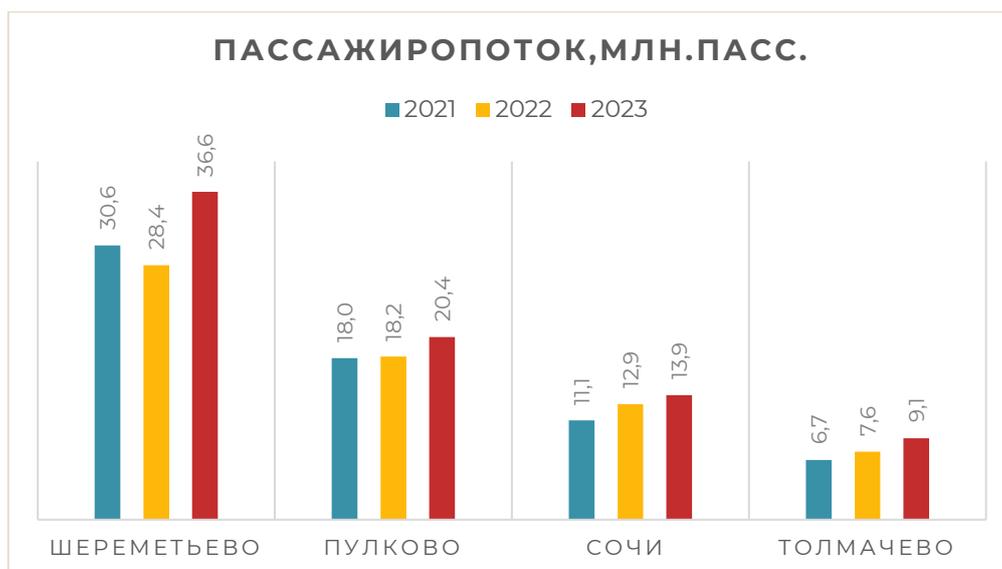


Рисунок 3 – Показатели пассажиропотока аэропортов Москвы (Шереметьево), Санкт-Петербурга (Пулково), Сочи, Новосибирска (Толмачёво) в период с 2021 по 2023 гг.

Источник: составлено авторами на основе [18–20]

Согласно рисунку 3, в 2023 году во всех аэропортах наблюдается существенный рост пассажиропотока. Значительное повышение показателя демонстрирует Международный аэропорт Шереметьево в 2023 году, превысив значение на 8,2 млн. пассажиров по сравнению с 2022 годом. Постоянный рост показателя в период с 2021–2023 гг. демонстрируют аэропорты Пулково, Сочи и Толмачёво [18–20]. Таким образом можно сделать вывод, что возрастающая нагрузка на аэропорты Российской Федерации требует внедрения современных технологий, характерных для концепции Аэропорт 4.0.

Стоит отметить, что крупные российские аэропорты имеют потенциал к внедрению концепции «Аэропорт 4.0» по ряду причин:

1) Поддержка государства в вопросах технологического развития авиационной отрасли Российской Федерации.

2) Запрос общества на предоставление качественных цифровых услуг.

3) Наличие технологических возможностей и ресурсов для создания новых импортозамещённых российских программ и систем в авиационной отрасли.

4) Существование современной инфраструктуры аэропортов, на базе которых можно внедрить и адаптировать новые цифровые технологии.

Таким образом, внедрение концепции «Аэропорт 4.0» является для российских аэропортов стратегически важным направлением развития, поскольку применение на практике данной концепции будет способствовать повышению конкурентоспособности аэропортов, эффективному управлению ресурсами, обеспечению авиационной безопасности, а также улучшению пассажирского опыта.

**Заключение.** В результате проведенного исследования можно сделать вывод о том, что

«Аэропорт 4.0» является эффективной концепцией, благодаря которой аэропорты смогут достичь высокого уровня развития. Изучив и проанализировав её основные аспекты, были сформулированы основные принципы и определены технологии, лежащие в основе рассматриваемой концепции. Примеры успешного применения концепции в мировой практике подтверждают её жизнеспособность и возможность дальнейшей популяризации и масштабирования.

Проведена оценка потенциала и готовности российских аэропортов к внедрению концепции. Анализ показал, что на сегодняшний день крупнейший аэропорт РФ Шереметьево соответствует критериям концепции «Аэропорт 4.0», демонстрируя высокий уровень автоматизации и цифровизации комплекса. Российские аэропорты, обслуживающие десятки миллионов пассажиров в год, имеют огромный потенциал к развитию в рамках концепции «Аэропорт 4.0» благодаря заинтересованности государства в развитии авиации, развивающимся технологическим возможностям и растущим требованиям общества. Внедрение рассматриваемой концепции может обеспечить устойчивое развитие аэропортов РФ в будущем. Для достижения этой цели необходима государственная поддержка, активное взаимодействие операторов аэропортов с технологическими компаниями и другими участниками рынка с целью внедрения и адаптации цифровых инноваций.

Исследование показало, что внедрение концепции «Аэропорт 4.0» является актуальным и перспективным направлением развития в авиационной отрасли. Это указывает о необходимости дальнейшего исследования данного вопроса, поскольку концепция «Аэропорт 4.0» находится на начальных этапах развития в авиационной отрасли.

#### Список источников

1. Evolution Of Airports – Travel Trends In The Next 30 Years // Oliver Wyman Forum [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.oliverwymanforum.com/mobility/2023/jun/airport-evolution-travel-trends-by-2050.html> (In Eng.).
2. Annual Review 2023 // IATA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/> (In Eng.).

#### References

1. Evolution Of Airports – Travel Trends In The Next 30 Years. *Oliver Wyman Forum*. Available at: <https://www.oliverwymanforum.com/mobility/2023/jun/airport-evolution-travel-trends-by-2050.html>
2. Annual Review 2023. *IATA*. Available at: <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/>

3. Rajapaksha Aruna, and Nisha Jayasuriya. Smart Airport: A Review on Future of the Airport Operation // *Global Journal of Management and Business Research*. 2020. № 20 (3). С. 25–34. (In Eng.).
4. François M., Filipas I., Zaharia S. E. Transition 4.0 for the Airport Industry // *IFAC-PapersOnLine*. 2023. Т. 56.2. С. 3698–3703. (In Eng.).
5. Ali S., Shamandi N. Smart Airport: Application of Internet of Things for Confronting Airport Challenges // *International Journal of Computer and Systems Engineering*. 2022. Т.16. №. 12. С. 598–608 (In Eng.).
6. da Silva J. R., Konarzewski K. A. Aeroportos Inteligentes: O Embarque Para O Futuro: Smart Airports: Boarding to the Future // *Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas*. 2022. Т. 2. № 1. С. 7–24. (In Eng.).
7. Головченко Г. В., Чинючин Ю. М., Далецкий С. В. Анализ приоритетов и тенденций автоматизации российских аэропортов // *Научный вестник ГосНИИ ГА*. 2021. №. 37. С. 84–94.
8. Зубарева В. С., Букринская Э. М. Цифровая трансформация аэропортов. «Умный аэропорт» // *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2020. №. 11-2. С. 10–14.
9. Ермаков А. А. Цифровая трансформация в авиационной индустрии // *Московский экономический журнал*. 2023. № 1. С. 294–304.
10. Наумкин А. Д. Пути цифровой трансформации процессов взаимодействия аэропортов и авиакомпаний // *Кибернетика и программирование*. 2019. №. 4. С. 15–25.
11. Halpern Nigel, et al. Ready for Digital Transformation? The Effect of Organizational Readiness, Innovation, Airport Size and Ownership on Digital Change at Airports // *Journal of Air Transport Management*. 2021. Т. 90. С. 101949. (In Eng.).
12. Airport Digital Transformation from Operational Performance to Strategic Opportunity // *Amadeus [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <https://doingbusiness.ro/article/amadeus-airport-40-study-digital-airport-transformation-4167> (In Eng.).
13. Тецлав И. А. Методы и средства управления системой обслуживания пассажиров в аэропорту в условиях неопределенности: дис. канд. техн. наук: 2.9.6. - СПб, 2023.
14. Global Passenger Traffic Expected to Recover by 2024 and Reach 9.4 Billion Passengers // *ACI World [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <https://aci.aero/2023/09/27/global-passenger-traffic-expected-to-recover-by-2024-and-reach-9-4-billion-passengers/> (In Eng.).
15. Smart Airport Market Report. IMARC Group [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imarcgroup.com/smart-airport-market> (In Eng.).
3. Rajapaksha Aruna, and Nisha Jayasuriya. Smart Airport: A Review on Future of the Airport Operation. *Global Journal of Management and Business Research*. 2020. No. 20 (3). pp. 25–34.
4. François M., Filipas I., Zaharia S. E. Transition 4.0 for the Airport Industry. *IFAC-PapersOnLine*. 2023. Vol. 56.2. pp. 3698–3703.
5. Safaeianpour, Ali, and Nima Shamandi. Smart Airport: Application of Internet of Things for Confronting Airport Challenges. *International Journal of Computer and Systems Engineering*. 2022. Vol. 16. No. 12. pp. 598–608.
6. da Silva J. R., Konarzewski K. A. Aeroportos Inteligentes: O Embarque Para O Futuro: Smart Airports: Boarding to the Future. *Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas*. 2022. Vol. 2. No. 1. pp. 7–24.
7. Golovchenko G. V., Chinyuchin Yu. M., Daletskii S. V. Analysis of Priorities and Trends in Automation of Russian airports. *Nauchnyi vestnik GoSNII GA*. 2021. No. 37. pp. 84–94. (In Russ.).
8. Zubareva S., Bukrinskaya E. M. Digital Transformation of Airports. Smart Airport. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika*. 2020. No. 11-2. pp. 10–14. (In Russ.).
9. Ermakov A. A. Digital Transformation in the Aviation Industry. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal*. 2023. No.1. pp. 294–304. (In Russ.).
10. Naumkin A. D. Ways of Digital Transformation of Airport and Airline Interaction Processes. *Kibernetika i programmirovaniye*. 2019. No. 4. pp. 15–25. (In Russ.).
11. Halpern Nigel, et al. Ready for Digital Transformation? The Effect of Organizational Readiness, Innovation, Airport Size and Ownership on Digital Change at Airports. *Journal of Air Transport Management*. 2021. Vol. 90. P. 101949.
12. Airport Digital Transformation from Operational Performance to Strategic Opportunity. *Amadeus*. Available at: <https://doingbusiness.ro/article/amadeus-airport-40-study-digital-airport-transformation-4167>
13. Tetslav I. A. Methods and Means of Service System Management Passengers at the Airport in Conditions of Uncertainty: dis. kand. tekhn. nauk: 2.9.6. - SPb, 2023. (In Russ.).
14. Global Passenger Traffic Expected to Recover by 2024 and Reach 9.4 Billion Passengers. *ACI World*. Available at: <https://aci.aero/2023/09/27/global-passenger-traffic-expected-to-recover-by-2024-and-reach-9-4-billion-passengers/>
15. Smart Airport Market Report. IMARC Group. Available at: <https://www.imarcgroup.com/smart-airport-market>

16. Atlanta to Expand Biometric Technology to Entire International Terminal // *Cities Today* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://cities-today.com/atlanta-to-expand-biometric-technology-to-entire-international-terminal/?utm\\_source=chatgpt.com](https://cities-today.com/atlanta-to-expand-biometric-technology-to-entire-international-terminal/?utm_source=chatgpt.com) (In Eng.).
17. Шереметьево представил отраслевому сообществу уникальную цифровую экосистему управления аэропортом // Международный аэропорт Шереметьево [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.svo.aero/ru/press\\_center/press\\_releases/sheremetyevo-presented-to-the-industry-community-a-unique-digital-airport-management-ecosystem](https://www.svo.aero/ru/press_center/press_releases/sheremetyevo-presented-to-the-industry-community-a-unique-digital-airport-management-ecosystem)
18. Объемы перевозок через аэропорты России в 2021 году // Федеральное агентство воздушного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://favt.gov.ru/novosti-novosti/?id=8875> (In Russ.).
19. Пассажиропоток аэропортов России 2022 // *Avia Adv* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avia-adv.ru/stat/airports-ru-2022.htm>
20. Российские аэропорты. Статистика по пассажиропотоку за 2023 год // *Avia Adv* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.avia-adv.ru/news/2024/03-13.htm>
21. Global Air Travel Demand Continued Its Bounce Back in 2023 // IATA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-01-31-02/> (In Eng.).
22. Tan Jia Hao, Tariq Masood. Airport 4.0: Technology Adoption Framework for Airports [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2112.14333> (In Eng.). DOI: 10.48550/arXiv.2112.14333.
16. Atlanta to Expand Biometric Technology to Entire International Terminal. *Cities Today*. Available at: [https://cities-today.com/atlanta-to-expand-biometric-technology-to-entire-international-terminal/?utm\\_source=chatgpt.com](https://cities-today.com/atlanta-to-expand-biometric-technology-to-entire-international-terminal/?utm_source=chatgpt.com)
17. Sheremetyevo Presented a Unique Digital Ecosystem of Airport Management to the Industry Community. *Sheremetyevo International Airport*. Available at: [https://www.svo.aero/ru/press\\_center/press\\_releases/sheremetyevo-presented-to-the-industry-community-a-unique-digital-airport-management-ecosystem](https://www.svo.aero/ru/press_center/press_releases/sheremetyevo-presented-to-the-industry-community-a-unique-digital-airport-management-ecosystem) (In Russ.).
18. Traffic Volumes through Russian Airports in 2021. *Federal Air Transport Agency*. Available at: <https://favt.gov.ru/novosti-novosti/?id=8875> (In Russ.).
19. Passenger Traffic at Russian Airports 2022. *Avia Adv*. Available at: <https://www.avia-adv.ru/stat/airports-ru-2022.htm> (In Russ.).
20. Russian Airports. Passenger Traffic Statistics for 2023. *Avia Adv*. Available at: <https://www.avia-adv.ru/news/2024/03-13.htm>. (In Russ.).
21. Global Air Travel Demand Continued Its Bounce Back in 2023. *IATA*. Available at: <https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-01-31-02/>
22. Tan Jia Hao, Tariq Masood. Airport 4.0: Technology Adoption Framework for Airports Available at: <https://arxiv.org/abs/2112.14333> DOI: 10.48550/arXiv.2112.14333.