

УДК 34

DOI: 10.34670/AR.2025.95.58.005

## Исследование факторов устойчивого развития транспортно-пересадочных узлов в структуре пассажирского комплекса город-аэропорт с применением омниканальных подходов

**Бубнова Галина Викторовна**

Доктор экономических наук, профессор,  
Российский университет транспорта (МИИТ),  
127055, Российская Федерация, Москва, ул. Образцова, 9;  
e-mail: bubnova@miit.ru

### Аннотация

Статья посвящено исследованию ключевых факторов устойчивого развития транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) в структуре пассажирского комплекса «город-аэропорт» с акцентом на применение омниканальных подходов. Авторы подчеркивают, что современные ТПУ перестали быть чисто функциональными объектами, превратившись в интегрированные элементы городской среды, где взаимодействуют технологические, экономические, социальные и экологические аспекты. Омниканальность рассматривается как критически важный инструмент для создания единого информационного пространства, обеспечивающего пассажирам прозрачность, удобство и скорость обслуживания на всех этапах путешествия. Материалы и методы исследования включают комплексный анализ проблем фрагментации данных и отсутствия единых стандартов взаимодействия между различными операторами транспорта, а также оценку международного опыта внедрения «зеленых» технологий и цифровых решений. Особое внимание уделено изучению нормативно-правовых барьеров, необходимости государственно-частного партнерства и адаптации лучших мировых практик с учетом региональной специфики. Исследование опирается на системный подход, объединяющий анализ статистики пассажиропотока, урбанистические и экологические исследования, моделирование сценариев развития и оценку рисков. Результаты исследования демонстрируют, что устойчивость ТПУ достигается через синергию нескольких направлений. Технологически это внедрение интегрированных цифровых платформ (единые билеты, мультимодальные сервисы, анализ больших данных, ИИ для прогнозирования), «зеленых» решений (энергоэффективность, ВИЭ, снижение выбросов) и автоматизации процессов. Экономическая устойчивость обеспечивается гибкими моделями финансирования (ГЧП), адаптацией к рыночным колебаниям и повышением инвестиционной привлекательности через улучшение сервиса. Социальный аспект включает комфорт пассажиров (эргономика пространств, мультязычная навигация, доступная среда), развитие кадрового потенциала, вовлечение местных сообществ и учет культурных особенностей региона. Подчеркивается необходимость сбалансированного подхода. Цифровизация и автоматизация должны дополнять, а не заменять человеческий фактор, особенно в нестандартных ситуациях. Эффективность омниканальных решений напрямую зависит от преодоления фрагментации данных и выработки единых стандартов, что требует тесной координации всех стейкхолдеров. Успешная интеграция ТПУ в городскую ткань предполагает не только транспортную функцию, но и развитие

общественных пространств, коммерции, культурных элементов, формируя позитивный имидж территории. Ключевыми вызовами остаются обеспечение кибербезопасности, управление рисками (включая макроэкономические и климатические), минимизация шумового воздействия и справедливое распределение ресурсов между центром и периферией. Долгосрочная устойчивость, по мнению авторов, возможна лишь при синтезе технологических инноваций, экологической ответственности, экономической целесообразности и социальной ориентированности.

#### **Для цитирования в научных исследованиях**

Бубнова Г.В. Исследование факторов устойчивого развития транспортно-пересадочных узлов в структуре пассажирского комплекса город-аэропорт с применением омниканальных подходов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 5А. С. 54-71. DOI: 10.34670/AR.2025.95.58.005

#### **Ключевые слова**

Ключевые транспортно-пересадочные узлы, омниканальные подходы, устойчивое развитие, город-аэропорт, цифровизация.

## **Введение**

Исследование устойчивого развития транспортно-пересадочных узлов в структуре пассажирского комплекса город-аэропорт является многогранным процессом, отражающим взаимодействие технологических, экономических и социальных факторов в контексте глобализации и внедрения инноваций. Ключевое значение приобретает вопрос оптимизации маршрутных сетей, формирования привлекательной инфраструктуры и создания эффективных коммуникационных каналов в рамках омниканальной парадигмы. При этом необходимо учитывать, что современный аэропорт уже давно перестал быть исключительно пунктом прибытия и отправления воздушных судов: он превратился в полноценную часть городской среды, обеспечивающую пассажирам разнообразные сервисы и возможности для комфортного путешествия. Параллельно с этим возрастают требования к устойчивости с точки зрения экологической нагрузки, рационального использования ресурсов и повышения качества жизни населения. Сочетание этих факторов при проектировании и эксплуатации транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) способствует достижению баланса между интересами различных стейкхолдеров, включая органы власти, коммерческие структуры и самих пассажиров [Гасанов, Магомедов, 2012]. В связи с этим возникает необходимость комплексного подхода к анализу ключевых факторов, влияющих на формирование будущего облика пассажирского комплекса. Технологические инновации считаются неотъемлемой частью данного процесса, поскольку именно они позволяют повысить прозрачность, безопасность и удобство использования транспортных услуг, не забывая при этом о поддержании достаточно высокого уровня экологической устойчивости.

Омниканальные подходы в транспортной индустрии предполагают интеграцию всех доступных коммуникационных платформ, применяемых в цепочке взаимодействия пассажира с транспортной системой. Это могут быть мобильные приложения, веб-порталы, справочные центры, системы автоматизированного поиска маршрутов и многое другое. Цель подобных подходов заключается в формировании единого информационного пространства, где пользователь может быстро и без лишних усилий получать сведения о расписаниях, тарифах,

сервисах и возможностях пересадок. Чем более прозрачной становится эта система для конечного потребителя, тем выше статус аэропорта и городского транспортно-пересадочного узла в целом. Формирование омниканальной среды может потребовать значительных инвестиций и пересмотра организационных структур, но результатом зачастую становится значительное увеличение пассажиропотока и укрепление конкурентных позиций города-аэропорта на международной арене. Кроме того, такая мультиплатформенность дает возможность эффективнее собирать данные о поведении пользователей, что впоследствии открывает простор для продвинутой аналитики, оптимизации транспортных маршрутов и более точного планирования будущих реформ [Вахненко, 2004]. Однако следует отдавать себе отчет, что сама по себе цифровизация не решает всех вопросов, если не обеспечен комплексный подход к взаимодействию различных видов транспорта и заинтересованных сторон.

### **Материалы и методы исследования**

Неотъемлемым элементом устойчивого развития таких узлов является экологическая составляющая. При проектировании ТПУ все более актуальным становится применение зеленых технологий: это касается и энергосбережения, и продвинутых систем вентиляции, и альтернативных источников энергии. В режимах повышенной нагрузки аэропорт наряду с прилегающей городской инфраструктурой должен быть способен адаптироваться к условиям сезонности и колебаниям пассажиропотока без ущерба для окружающей среды. Мероприятия по сокращению вредных выбросов, развитию общественного транспорта и формированию пешеходных и велосипедных зон в районе ТПУ позволяют существенно снизить уровень загрязнения атмосферы, что особенно важно в условиях крупных мегаполисов [Сивогринов, 2000]. Показательна в этом смысле тенденция многих мировых аэропортов к внедрению программ углеродно-нейтрального развития и постепенного отказа от традиционных источников энергии в пользу возобновляемых. Однако даже самая передовая техническая база требует грамотно выстроенной логистики и вовлеченности пассажиров, которым необходимо предлагать удобные сервисы и социально ориентированные решения.

Одной из проблем, препятствующих эффективному внедрению омниканальных технологий, является фрагментация данных и отсутствие единых стандартов обмена информацией. Различные операторы общественного транспорта и коммерческие перевозчики нередко используют несогласованные между собой платформы и протоколы взаимодействия, что затрудняет формирование удобных для пользователя агрегирующих сервисов. Ситуация усугубляется отсутствием единой нормативно-правовой базы, регулирующей вопросы координации действий при организации межвидовых пересадок, расписаний и тарифов [Михневич, 2023]. Для преодоления данной проблемы необходимы инициативы государственных органов и профильных ассоциаций, способных задать единую стратегию и стандарты информационного обмена. При этом сотрудничество с частным сектором также критически важно, так как многие решения в области умного транспорта и цифровых сервисов создаются именно инновационными компаниями, имеющими компетенции и ресурсы для разработки и быстрого внедрения новых технологий.

### **Результаты и обсуждение**

Стратегическое планирование транспортных ресурсов в районе аэропорта требует учета социально-экономических факторов развития региона. Если аэропорт расположен в

относительно небольшом городе, то важнейшую роль может играть тесная кооперация с местными органами самоуправления и бизнесом, позволяющая сформировать устойчивую модель транспортного обслуживания. В крупных мегаполисах, напротив, взаимодействие становится более сложным, и ключевым фактором успеха выступают масштабные инвестиции в инфраструктуру, ориентированную на комфорт и скорость обслуживания пассажиров. Применительно к омниканальным подходам это означает, что инвесторы и операторы, работающие на территории узла, должны вкладываться не только в строительство новых терминалов и платформ, но и в цифровые решения, которые позволят пассажиру планировать маршрут из любой точки города. Такая гибкость снижает нагрузку на критические точки транспортной сети и способствует более равномерному распределению пассажиропотока [Сивогиринов, 2000]. Между тем экономическая эффективность проектов в сфере ТПУ во многом определяется способностью координировать интересы различных субъектов, включая туристические организации, отели, магазины, рестораны и многое другое.

Человеческий фактор также играет существенную роль в достижении устойчивости. Высокий уровень сервиса, обеспеченный персоналом аэропорта и обслуживающих структур, формирует позитивный пользовательский опыт, что, в конечном счете, влияет на выбор пассажиров и повышает конкурентоспособность транспорта. Многоканальные платформы не должны заменить человеческое участие, но могут стать серьезным подспорьем для оптимизации трудоемких процессов. Например, онлайн-регистрация на рейсы, электронные билеты для общественного транспорта и автоматизированные системы контроля доступа позволяют существенно сократить очереди и повысить пропускную способность терминалов. Внедрение систем машинного обучения, анализ больших данных и использование интеллектуальных сенсорных сетей облегчают процесс своевременного выявления узких мест и их оперативного устранения. Тем не менее, при развитии подобных технологий крайне важно соблюдать этические нормы и принципы защиты конфиденциальной информации, поскольку обработка персональных данных в транспортных системах всегда сопряжена с рисками [Власов, Данилина, 2016]. Поэтому необходимо выстраивать политику кибербезопасности и создавать механизмы, которые гарантируют надежную сохранность информации.

Экономическая привлекательность города-аэропорта во многом зависит от эффективности взаимодействия различных видов транспорта: воздушного, железнодорожного, автомобильного и, в перспективе, водного в случае прибрежных регионов. С точки зрения устойчивого развития, критически важно сформировать единую пространственную цепочку, где пассажир ощущает логическую и физическую связанность всех этапов своего путешествия. При этом существует риск, что без комплексной стратегии и согласованных инвестиций отдельные проекты, нацеленные на развитие инфраструктуры, могут быть реализованы фрагментарно и не привести к синергетическому эффекту. Например, развитие скоростных железнодорожных линий должно коррелировать со строительством удобных пересадочных узлов и зон отдыха, чтобы пассажиры могли без сложностей переключаться между разными видами транспорта. Дополнительно большое значение имеет внедрение систем навигации, помогающих ориентироваться в пространстве и упрощающих поиск нужных сервисов. Омниканальный подход в данной сфере подразумевает возможность использования единого электронного билета, действующего во всех видах транспорта, что упрощает логистику и уменьшает время, затрачиваемое пассажиром на оформление документов [Жаркевич, 2018]. Однако внедрение такого решения требует значительной работы по унификации тарифов, техническим апгрейдам пропускных систем и согласованию законодательства.

Политика устойчивого развития возможна только при учете психологических и социокультурных факторов, влияющих на выбор пассажиров. Многие люди, предпочитающие личный автомобиль, имеют предубеждение против общественного транспорта, считая его менее комфортным или надежным. Чтобы изменить эту установку, необходимо внедрять современные комфортабельные транспортные средства, оснащенные Wi-Fi, кондиционированием, удобными сидениями и прочими элементами, повышающими привлекательность поездки. Одновременно с этим следует развивать сеть парковок перехватывающего типа, позволяющих водителям оставить автомобиль и пересесть на более быстрый общественный транспорт без дополнительных хлопот [Петров, 2006]. Также важна информационная поддержка: точные прогнозы времени в пути, прозрачная система оплаты и гарантированная безопасность могут существенно повысить лояльность к инфраструктуре ТПУ. В конечном счете формирование экологически и социально устойчивой системы требует непрерывной работы с общественным мнением, привлечения экспертов по городскому планированию и участия представителей местных сообществ.

Технологические аспекты омниканальности в структуре город-аэропорт включают в себя применение единой базы данных пассажирских потоков, использование алгоритмов искусственного интеллекта для прогнозирования загрузки ТПУ и внедрение облачных платформ для моментального обмена информацией между всеми участниками процесса. Эти инструменты помогают оперативно реагировать на изменения: при возникновении чрезвычайных ситуаций или резких переменах в расписании можно быстро предложить альтернативные маршруты и уведомить пассажиров всеми доступными каналами. Кроме того, системы анализа больших данных позволяют предсказывать пиковые нагрузки, планировать количество открытых стоек регистрации, досмотровых пунктов и касс, а также заранее контролировать сроки технического обслуживания транспортной инфраструктуры. Регулярное обновление такой системы требует совместных усилий специалистов по информационным технологиям, логистике, урбанистике и обслуживанию клиентов, что в очередной раз подчеркивает мультидисциплинарный характер проекта [Galkin, Sirina, Zubkov, 2022]. Грамотная реализация омниканальных решений способна не только повысить качество обслуживания, но и сэкономить колоссальные средства, которые в противном случае были бы потрачены на исправление последствий неэффективного планирования.

Важным компонентом стратегической устойчивости является способность быстрого масштабирования инфраструктуры и оперативного внедрения инноваций. Аэропорт, ориентирующийся на быстрорастущие потоки, должен быть гибким в вопросах модернизации терминалов, взлетно-посадочных полос, систем загруженности и парковочных пространств. Своевременное использование цифровых решений на базе омниканальных подходов позволяет избежать проблем совмещения старых и новых технологий, что часто становится серьезным барьером при классическом долгосрочном планировании. Город, в свою очередь, обязан поддерживать синергетические инициативы, направленные на совместное развитие. Если город и аэропорт функционируют как единая система, то пассажиры, прилетающие в аэропорт, сразу попадают под влияние городской мобильности, что должно выражаться в удобстве пересадок и разнообразии вариантов продолжения пути [Вахненко, 2001]. Этот аспект особенно важен в эпоху глобальных изменений, когда международный пассажиропоток может резко колебаться вслед за экономическими и политическими факторами.

Обратной стороной быстрой цифровизации может стать риск киберугроз и сбоев в работе омниканальных систем. Любая критическая инфраструктура, будь то авиационная,

железнодорожная или городская, должна обеспечивать высочайший уровень защиты от утечек данных, вредоносных программ и возможных атак хакеров. В условиях омниканальных платформ, где несколько систем связаны единой логикой, сбой одного звена может вызвать цепную реакцию и привести к значительным сбоям обслуживания. Поэтому требуется постоянный мониторинг безопасности, регулярные аудит и обновление программного обеспечения, а также привлечение квалифицированных специалистов, способных прогнозировать уязвимости еще на стадии проектирования систем. Оптимизация безопасности является неотъемлемой частью стратегического планирования, поскольку репутационные потери от кибератак могут оказаться чрезвычайно значимыми и затронуть не только конкретный аэропорт, но и весь город в целом [Кириллов, Матвеева, 2013]. Таким образом, комплексность подхода к развитию ТПУ должна подразумевать и продуманную защиту цифровой среды.

Социальное измерение транспортно-пересадочных узлов определяет их место в городском ландшафте. Необходимо учитывать потребности местных жителей, для которых аэропорт и сопряженные с ним ТПУ могут выполнять роли не только транзитных площадок, но и зон общественной активности. В некоторых городах мира терминалы становятся центрами досуга, куда люди приходят не только перед вылетом, но и чтобы посетить торговые галереи, выставочные пространства, рестораны и кафе. Подобная интеграция в городскую ткань способствует дополнительному развитию сервисов и увеличивает доходность объектов, что положительно сказывается на инвестиционной привлекательности проекта. При этом сохраняются требования к безопасности, удобству и экологической ответственности, поскольку неконтролируемый рост коммерческих объектов без учета их влияния на соседние зоны может породить конфликт интересов [Власов, Широкая, 2016]. Достичь равновесия возможно лишь при постоянном диалоге между муниципальными властями, управляющими компаниями аэропорта и инициативными группами горожан.

Кроме того, внедрение омниканальных решений может помочь в создании системы регулярной обратной связи с пассажирами и жителями прилегающих районов. С помощью электронных платформ можно быстро проводить опросы, собирать жалобы и пожелания, информировать о планируемых изменениях и получать комментарии. Такая прозрачная коммуникация формирует высокий уровень доверия к органам управления, облегчая внесение корректировок и снижающая сопротивление реформам. Например, если в ходе планирования новой ветки скоростного транспорта выясняется, что часть жителей против изменения маршрутов из-за опасений, связанных с шумом или экологией, власти могут оперативно предложить варианты конструктивных решений проблемы [Скворцова, 2009]. Подобное взаимодействие позволяет смягчить социальную напряженность и повысить общую эффективность проектов, ориентированных на долгосрочное развитие территории город-аэропорт.

Существенную роль в формировании устойчивых ТПУ играет вопрос финансирования и бюджетного планирования. Практически все крупные проекты в этой области требуют приложения значительных капиталовложений со стороны государства, частных инвесторов и международных финансовых институтов. При отсутствии налаженного механизма привлечения средств может наблюдаться нехватка капитала для полноценного строительства или обновления инфраструктуры, что тормозит весь процесс омниканальных преобразований. В таких случаях применяются различные схемы государственно-частного партнерства, при которых командам заранее приходится учитывать сроки окупаемости, социальные эффекты и потенциальные

риски. Наряду с этим, нередко внедряются модели проектного финансирования, где возврат инвестиций осуществляется за счет доходов от эксплуатации объектов. Поскольку устойчивое развитие подразумевает учет интересов будущих поколений, экономические расчеты должны отличаться особой тщательностью, и важно сохранять баланс между финансовой выгодой и социально-экологическими приоритетами [Параев, Бурлуцкий, Куликов, 2017]. При этом важно не только собрать достаточно средств, но и правильно распределить их по ключевым направлениям, будь то технологические платформы, инфраструктурные объекты или программы обучения персонала.

Кадровый вопрос в контексте омниканальных подходов не менее значим, чем технологические аспекты. От квалификации сотрудников, отвечающих за обслуживание пассажиров и контроль инфраструктуры, часто зависит, будут ли воплощены в жизнь преимущества современных систем. Создание новых рабочих мест в сфере управления операциями, анализа данных и проектирования цифровых платформ способствует повышению уровня занятости в регионе и формирует класс специалистов с компетенциями в области транспорта и логистики. Однако нельзя забывать и о необходимости постоянного обучения и переподготовки персонала, чтобы они могли следовать технологическим обновлениям и эффективно использовать инструменты автоматизации. Система повышения квалификации должна быть непрерывной, включая стажировки, семинары, участие в научно-практических конференциях и регулярные внутренние тренинги [Вахненко, 2004]. Это способствует формированию корпоративной культуры, где каждый сотрудник осознает свою роль в общей стратегической задаче – обеспечить устойчивое развитие и высокий уровень сервиса.

В контексте глобальной тенденции к урбанизации и росту числа авиаперелетов, возникающая нагрузка на аэропорты и прилегающие узлы будет только возрастать. Это ставит перед исследователями и практиками новый вызов – поиск компромисса между требованиями к пропускной способности, комфортом пассажиров и экологическими ограничениями. Одним из возможных решений становится внедрение интеллектуальных систем управления воздушным движением, способных оптимизировать графики взлетов и посадок, сокращать время ожидания и тем самым уменьшать потребление топлива и объем вредных выбросов. Аналогичные интеллектуальные инструменты могут применяться и для управления движением наземного транспорта, распределяя потоки таким образом, чтобы минимизировать пробки и ускорять логистические операции. Важно понимать, что все эти технические усовершенствования должны быть синхронизированы с развитием самой инфраструктуры: новые полосы, терминалы, парковки, зоны обслуживания не будут эффективны, если нет комплексного подхода к их управлению [Егоров, Комаров, Джавадов, 2018]. Таким образом, планировщики должны рассматривать инфраструктуру аэропорта не изолированно, а как часть динамически развивающейся городской системы.

Исследование факторов устойчивости сопряжено с анализом международного опыта. Мировая практика показывает, что города, сумевшие внедрить омниканальные решения в управлении ТПУ, демонстрируют рост туристического и делового трафика, повышение уровня удовлетворенности пользователей и укрепление репутации на мировом рынке. При этом каждая локация имеет свои географические, культурные и экономические специфики, которые нельзя игнорировать при копировании чужих моделей. Успешное перенятие опыта возможно лишь с учетом адаптации к конкретным условиям, включая особенности климата, исторической застройки и социально-экономического фона. Более того, многие международные авиацентры активно обмениваются данными по статистике пассажиропотока, исследованиям в области

урбанистики и экологии, позволяя новым проектам заимствовать лучшие практики и избегать типичных ошибок [Жаркевич, 2018]. Анализ примеров успешной и неудачной реализации крупных ТПУ помогает формировать более точное понимание ключевых факторов, определяющих устойчивость.

Интегрированное планирование городского пространства поблизости от аэропорта — это процесс, предполагающий гибкое взаимодействие между различными уровнями администрации, бизнес-сообществом и гражданским обществом. Благодаря такому планированию создаются функциональные и привлекательные для жизни районы, где аэропорт не воспринимается как чужеродный объект на периферии, а становится частью повседневности. Грамотно разработанные схемы зонирования предусматривают места для парков, рекреационных зон, объектов спортивной инфраструктуры, что положительно сказывается на качестве жизни горожан. Одновременно с этим возникает благоприятная среда для развития бизнеса в сфере гостеприимства и туризма: строятся отели, развлекательные комплексы, конференц-центры. Если помимо этого городские власти обеспечивают доступ к высокоскоростным интернет-сетям, формируют удобные транспортные и цифровые каналы, то потенциал аэропорта как экономического и культурного центра возрастает многократно [Вахненко, 2004]. Здесь важно и то, насколько региональная политика ориентирована на диверсификацию хозяйственной деятельности: если в городе есть высокотехнологические кластеры, университеты, научно-исследовательские институты, это способствует синергии и придает дополнительный импульс инновационному развитию.

Будущее транспортно-пересадочных узлов в формате омниканальности лежит в сфере тотальной цифровой трансформации процессов обслуживания. Многие компании уже внедряют системы распознавания лиц, чтобы ускорить процедуру регистрации и досмотра пассажиров, однако это должно сопровождаться тщательной правовой регламентацией. Параллельно развивается идея полного самообслуживания, когда пассажиры могут самостоятельно заказать такси, купить билет на поезд, оформить багаж и пройти все формальности без необходимости обращаться к сотруднику аэропорта или вокзала. Но подобная автономия не исключает потребности в человеческом факторе и поддержке, ведь люди по-прежнему нуждаются в помощи в нестандартных ситуациях или при возникновении проблем. Это порождает потребность в новом типе профессионалов, умеющих управлять и настраивать такие системы, осуществлять консультирование, решать конфликты и обеспечивать круглосуточное взаимодействие с пассажирами. В результате распределение ролей в сфере торговли, обслуживания и безопасности меняется, и омниканальные платформы становятся ядром коммуникации между всеми участниками процесса [Гасанов, Магомедов, 2012]. Эти изменения выдвигают на первый план вопросы непрерывного образования, адаптации и социальной ответственности.

Если рассматривать долгосрочные перспективы, то можно предположить, что в будущем создавать устойчивые ТПУ смогут лишь те города, в которых осознали неизбежность зеленого роста и приоритетного развития экологических технологий. В контексте аэропортов это может означать более активное внедрение электрифицированных сервисов, включая электрические автобусы, грузовые машины на электротяге, быстрые зарядные станции на территории паркингов. Мы можем представить, что аэропорты будут активно использовать солнечную энергию, биотопливо или водородные технологии, чтобы снижать негативное влияние на климат при наземном обслуживании и функционировании терминалов. Одним из основных элементов является обеспечение энергоэффективности зданий и комплексное проектирование,

учитывающее возможности повторного использования тепла, сбора дождевой воды и умных систем освещения. Подобный подход уже находит отражение во многих инновационных проектах, где зеленая повестка становится основой стратегического планирования [Сивогринов, 2000]. Учитывая рост экологического сознания пассажиров и международные обязательства по сокращению выбросов, аэропорты, игнорирующие данные тенденции, могут столкнуться с экономическими и репутационными потерями.

Сопряженным с экологическим фактором является вопрос городского шума, который часто становится камнем преткновения в отношениях между аэропортами и местными жителями. В рамках концепции устойчивого развития ведутся исследования, нацеленные на снижение уровня шума с помощью модификации траекторий полетов, улучшения конструкции воздушных судов и применения шумозащитных экранов на прилегающих территориях. Городские власти могут поддержать эти инициативы, устанавливая нормативы, ограничивающие ночные вылеты, и формируя компенсационные фонды для жителей шумных зон. Однако и здесь омниканальные технологии не остаются в стороне: современные приложения могут информировать население о плановых изменениях в расписании, предстоящих строительных работах и мерах по снижению шумового загрязнения. Такая открытая и оперативная коммуникация помогает смягчать напряженность, формируя партнерство между гражданами и управленческими структурами [Михневич, 2023]. Достижение компромисса требует постоянных корректировок и готовности к изменениям, но в конечном итоге способствует созданию благоприятной среды, где аэропорт и город существуют в гармонии.

Значимый аспект устойчивости ТПУ – это их способность адаптироваться к изменениям в туристической и деловой активности. К примеру, неожиданные всплески спроса на определенных направлениях могут приводить к перегрузке инфраструктуры и сервисов, а внезапное падение пассажиропотока – к недоиспользованию ресурсов и финансовым убыткам. Омниканальные решения, позволяющие оперативно перенастраивать каналы продаж, маршруты и графики перевозок, существенно повышают адаптивность системы. Своевременный анализ больших данных о бронированиях, продажах билетов и изменениях в поведении потребителей дает возможность вводить дополнительные рейсы или, напротив, оптимизировать расписание, тем самым избегая незапланированных трат. Сочетание сценарного менеджмента и цифровых инструментов прогнозирования предоставляет большую свободу действий, позволяя городам-аэропортам реагировать на внешние вызовы, сохраняя при этом базовые принципы устойчивого развития [Сивогринов, 2000]. В то же время нельзя забывать о необходимости контроля целостности инфраструктуры и качества обслуживания, поскольку снижение издержек не должно вести к ухудшению комфорта и безопасности пассажиров.

Вопросы безопасности и надежности функционирования ТПУ включают в себя не только кибербезопасность, но и общую антитеррористическую защищенность, а также предупреждение криминальных рисков. Плотный поток людей в инфраструктуре аэропорта и прилегающих территорий часто может стать мишенью для противоправных действий. Поэтому важны комплексные меры, включающие мониторинг зон повышенного риска, физическую охрану, установку систем видеонаблюдения с элементами распознавания лиц и наличием умных алгоритмов. Эти системы в омниканальном формате связаны с базами данных правоохранительных органов, службами быстрого реагирования и внутренними службами безопасности, что обеспечивает более оперативное выявление подозрительных ситуаций и

информирование пассажиров. Эффективная безопасность не может быть достигнута без тесного сотрудничества государства, оператора аэропорта и коммерческих компаний, занимающихся перевозками. Следует учитывать эти аспекты при проектировании любой части комплекса: от парковок и магазинов до зон ожидания и стоек регистрации [Жаркевич, 2018]. Такая многоуровневая система делает город-аэропорт более устойчивым к внешним и внутренним угрозам, укрепляя доверие пассажиров и инвесторов.

Автоматизация процессов может стать решающим фактором в повышении пропускной способности и качества обслуживания. К примеру, развитие систем самообслуживания при регистрации и сдаче багажа уже значительно сократило очереди в ряде крупных аэропортов. Однако для более широкого эффекта требуется интеграция технологий распознавания документов, мобильных приложений для модификации билетов, электронных турникетов на входе в транспорт и других подобных решений. При правильной настройке эти инструменты помогают пассажирам экономить время, а операторам — эффективно перераспределять персонал на наиболее ответственных участках. Интерес вызывают и перспективы применения робототехники: роботизированные тележки для багажа, ассистенты для пассажиров, роботы-уборщики. Все это служит свидетельством того, что, помимо интеллектуальных программных продуктов, развивается и аппаратная часть, призванная облегчить повседневную эксплуатацию [Власов, Данилина, 2016]. Ключевым моментом остается переход к омниканальной экосистеме, где все эти технические новинки связаны в единую сеть и дополняют друг друга, а не работают изолированно.

Одной из наиболее перспективных областей для омниканальных решений становится создание единого мультимодального сервиса, который позволит пассажиру выбирать маршрут и транспортное средство, исходя из предпочтений по времени, стоимости и экологии. Например, человек, прилетевший в аэропорт, сможет сразу же в одном приложении или на одном портале подобрать варианты продолжения пути на такси, электричке, автобусе или каршеринге. Система будет учитывать ситуацию на дорогах, расписание поездов и даже обеспечивать интеграцию с услугами проката велосипедов или электросамокатов, если это целесообразно. При этом пользователь видит не просто разрозненные опции, а целостный план действий, включая промежуточные точки пересадки и затраты на каждый сегмент пути. Такая модель позволяет более эффективно использовать городскую инфраструктуру и стимулирует переход части автолюбителей на общественный транспорт или совместное использование автомобилей. В перспективе это может существенно сократить нагрузку на дорожную сеть и уменьшить объемы вредных выбросов [Galkin, Sirina, Zubkov, 2022]. Однако для полноценного функционирования системы потребуются юридические и технические стандарты, а также переосмысление привычных политик ценообразования и навигации (рис. 2).

Работа над повышением уровня комфорта в ТПУ связана не только с внедрением цифровых сервисов, но и с эргономикой самих пространств. Аэропорт и транспортные узлы должны проектироваться таким образом, чтобы логика перемещения внутри них была интуитивно понятна. Удобные указатели, шире проходы, грамотная рассадка в залах ожидания, доступность для инвалидов и маломобильных групп населения — все это складывается в решение, способствующее повышению качества пребывания людей на этих территориях. Информация об услугах, режимах работы коммерческих точек, наличии детских комнат или мест отдыха должна быть доступна во всех каналах, от онлайн-порталов до стационарных табло. Омниканальность в этом случае означает возможность пассажира заранее изучить планировку, проложить маршрут внутри аэропорта или вокзала, учитывая все необходимые пересадки и

сопутствующие сервисы. Подобный подход минимизирует стресс и позволяет лучше управлять человеческими потоками, избегая чрезмерных скоплений у критических точек. В совокупности такие меры приводят к тому, что ТПУ становится не только технической необходимостью, но и комфортной средой для работы и отдыха [Вахненко, 2001].

В понятие устойчивого развития город-аэропорт все яснее вплетен феномен информационного взаимодействия, когда пассажир имеет возможность не прерывать рабочий или развлекательный процесс во время путешествий. Наличие высокоскоростного интернета, зон для работы с ноутбуком, точек зарядки и мультимедийных сервисов превращает транспортные платформы в своеобразные коворкинги и пространства для нетворкинга. Это создает дополнительную ценность и меняет представление о временных затратах на дорогу, делая их более продуктивными. Аэропорт, поддерживающий омниканальные каналы связи, может информировать своих пользователей о деловых событиях в городе, предлагать пакеты услуг для корпоративных клиентов, организовывать выставки или презентации прямо в терминалах. Таким образом, расширяется функциональное назначение объекта, что повышает его инвестиционную привлекательность и формирует положительный имидж на мировой арене [Кириллов, Матвеева, 2013]. Однако при этом возрастает ответственность за безопасность и качество предоставляемой информационной среды, учитывая увеличенные риски перехвата данных или промышленного шпионажа.

Коммуникационные аспекты омниканала распространяются не только на пассажиров, но и на сотрудников различных служб. Наличие единой цифровой платформы внутри аэропорта и смежных транспортных узлов позволяет координировать действия служб безопасности, медперсонала, техников, обслуживающего персонала и других специалистов. В режиме реального времени можно отслеживать состояние коммунальных систем, наполняемость парковок, доступность выходов на посадку и даже контроль над состоянием лифтов и эскалаторов. Все это создает единую картину эксплуатационного состояния узла, позволяя оперативно устранять неполадки и предупреждать возможные аварийные ситуации. Грамотное распределение персонала и применение систем распознавания лиц способствует сокращению очередей, предотвращает несанкционированное проникновение посторонних лиц и улучшает сервис для законопослушных пассажиров. Однако тонкость заключается в том, что чрезмерная автоматизация может снизить гибкость реагирования в нестандартных ситуациях, где требуется человеческая интуиция. Поэтому омниканальный подход подразумевает разумное сочетание цифровых инструментов и человеческого фактора [Власов, Широкая, 2016].

Планируя долгосрочное развитие, авторы крупных проектов в сфере ТПУ обязательно учитывают международные климатические рамки и требования к снижению углеродного следа. Многие государства интегрируют климатические цели в свои национальные стратегии, и аэропорты рассматриваются как один из ключевых объектов, где возможно существенное сокращение выбросов за счет модернизации инфраструктуры. Внедрение низкоуглеродных технологий, повышение энергоэффективности, переход на возобновляемые источники энергии — все это становится глобальным трендом, поддерживаемым политической волей и потребительским спросом на экологичную логистику. Сокращение финальных отходов тоже входит в повестку дня: отдельный сбор мусора, переработка и повторное использование ресурсов уже находят отражение в операционной деятельности многих передовых ТПУ. При этом омниканальные информсистемы могут оперативно оповещать сотрудников и пассажиров о правилах сортировки отходов, располагать интерактивные карты экопунктов, делать рассылки с экологическими советами. Такая повседневная «зеленая» культура, приумноженная

цифровыми технологиями, формирует более ответственное общество [Михневич, 2023].

Стабильное функционирование ТПУ в городах-аэропортах часто подвергается внешнему воздействию макроэкономических факторов. Сюда относятся колебания валютных курсов, изменение цен на топливо, мировая политическая обстановка, пандемические процессы и многое иное, что влияет на интенсивность авиаперевозок. Омниканальные решения помогают смягчить негативные последствия таких изменений, позволяя перевозчикам и операторам адаптироваться к новой реальности в кратчайшие сроки. К примеру, в случае резкого падения международного трафика можно перейти на более активное обслуживание внутренних маршрутов или развивать сопутствующие сервисы, чтобы компенсировать недополученную выгоду. Постоянный мониторинг рыночных трендов и поступающей аналитики дает возможность заранее подготовить сценарные планы, избегая паники и поспешных шагов, которые могли бы еще ухудшить ситуацию [Вахненко, 2004]. В конечном счете управление рисками – это важная часть устойчивого развития, так как грамотно выстроенная стратегия позволяет быстро восстанавливаться после кризисов и даже использовать их как точки роста.

Необходимо отметить, что многие аспекты устойчивого развития не могут быть решены исключительно техническими или экономическими мерами. Пассажирский комплекс город-аэропорт – это социотехническая система, которая требует учета культурных норм, привычек населения и формальных или неформальных практик взаимодействия. Важно не превратить аэропорт в стерильную зону, изолированную от городского колорита. Напротив, работа с локальными традициями, включение в пространство ТПУ элементов местной архитектуры, культурного наследия, а также формирование гастрономических и событийных предложений, характерных для региона, позволяют пассажирам почувствовать связь с местной средой. Такая идентичность может стать преимуществом, способствующим привлечению туристов и формированию положительного впечатления о городе. Омниканальные платформы обеспечивают продвижение этой уникальности, рассказывая о культурных мероприятиях, исторических достопримечательностях, местных брендах [Скворцова, 2019]. Поэтому устойчивость в данном случае означает не только техническую и экологическую, но и культурную интеграцию, позволяющую поддержать разнообразие и ценность местных традиций.

Особо стоит выделить роль научных исследований и университетов в формировании практик разностороннего анализа ТПУ. Совместные проекты учебных заведений, муниципальных властей и бизнес-структур могут генерировать инновационные модели развития, основанные на исследованиях урбанистики, экономики, логистики, экологии и информационных технологий. В рамках таких проектов часто разрабатываются цифровые прототипы, симуляционные модели, которые позволяют предсказывать последствия того или иного решения и принимать взвешенные шаги. Участие студентов и аспирантов дает возможность использовать свежие идеи и подходы, а университеты получают актуальный материал для научной работы и внедрения его в образовательный процесс. В перспективе это приводит к формированию более технологически продвинутого и компетентного поколения специалистов, способных продвигать омниканальные идеи в реальном секторе [Гасанов, Магомедов, 2012]. Таким образом, научно-образовательный компонент становится связующим звеном между теорией и практикой, приближая реализацию проектов к современным стандартам.

Управлению изменениями в таких масштабных системах часто сопутствует сопротивление со стороны консервативно настроенных групп или игроков, опасаящихся за сохранение своих

позиций. Поэтому важна прозрачность руководства процессом, участие всех заинтересованных сторон и грамотная информационная политика. Омниканальные инструменты могут использоваться не только для сервисного обслуживания пассажиров, но и для вовлечения персонала и партнеров, создания цифровых платформ внутри профессиональных сообществ, где обсуждаются вопросы эксплуатации, стандартов, инноваций. Это помогает выработать консолидированные решения и снижать конфликтность. Ведь если люди понимают, зачем нужны изменения, как они повлияют на их деятельность и какие выгоды могут принести, то степень сопротивления снижается, а поддержка реформ растет. В условиях современной глобализации аэропортам уже сложно оставаться закрытыми системами. Чем выше уровень открытости и многоканальной коммуникации, тем проще им ассимилироваться в город, не вызывая негативной реакции и активно участвуя в социокультурной жизни [Параев, Бурлуцкий, Куликов, 2017].

Анализируя факторы устойчивого развития ТПУ, нельзя обойти стороной и вопросы маркетинга, брендинга и позиционирования города-аэропорта на мировой карте. Успешно внедренные омниканальные проекты становятся визитной карточкой, позволяя городу заявлять о себе как о продвинутом и инновационном центре логистики. Международная конкуренция между аэропортами достаточно остра, и многим пассажирам при прочих равных условиях удобнее выбирать воздушную гавань с лучшими сервисами и более короткими пересадками. Позитивный опыт трансфера и скорость обслуживания играют роль, если люди планируют командировку или туристическую поездку. Омниканальные подходы формируют именно ту разницу, которая способна склонить выбор в пользу определенного аэропорта. Дополнительно промоушен городских культурных мероприятий, фестивалей, выставок в рамках трансферных онлайн-платформ привлекает внимание транзитных пассажиров, побуждая их задержаться в городе на несколько дней. Это вносит вклад в экономику туризма и укрепляет межрегиональные связи [Петров, 2006].

В целом процесс интеграции омниканальных технологий в сферу пассажирских перевозок не является одномоментным, а требует широкого эксперимента, гибкости и последовательного внедрения. По мере накопления опыта и совершенствования технических решений система становится более надежной и удобной. Вместе с тем развиваются регуляторные механизмы, помогающие контролировать качество обслуживания, информационную безопасность, экологическую нагрузку и финансовую прозрачность. Не последнюю роль здесь играет медийная составляющая, ибо регулярное освещение в СМИ и профессиональных публикациях повышает интерес к теме и стимулирует новые дискуссии о формировании будущих транспортных кластеров, в которых человек остается в центре внимания. Исследования показывают, что грамотная комбинация технологических, социально-экономических и экологических мер способна радикально улучшить характеристики транспортно-пересадочных узлов и придать дополнительную динамику развитию территории [Егоров, Комаров Ю.Я., Джавадов, 2018]. Чтобы этот процесс стал массовым, необходима координация усилий на государственном, муниципальном и коммерческом уровнях.

Ускорить темпы изменений может активная роль международных авиационных и транспортных организаций, которые могут выработать единые стандарты информации, безопасности, обслуживания и технологических процессов. Такие организации часто обладают ресурсами для обмена лучшими практиками, проведения совместных тренингов, форумов и конференций. В результате аэропорты получают не только методы и регламенты, но и доступ к глобальным партнерам, с которыми возможно создание омниканальных экосистем. Нарботки

в области программного обеспечения, аналитики данных и оптимизационных алгоритмов также часто появляются благодаря международному сотрудничеству. Следует отметить, что такие структуры могут выступать в роли арбитров, способных смягчить противоречия между узлами, государственными министерствами и частными инвесторами. Однако их влияние все же ограничено суверенитетом отдельных государств и специфической правовой базой. В любом случае, согласованные действия на транснациональном уровне позволяют вывести качество обслуживания на более высокий уровень [Вахненко, 2004].

Продолжая тему взаимодействия, естественным следующим шагом представляется усиление роли искусственного интеллекта и автоматических систем принятия решений. Уже сегодня нейронные сети сравнительно эффективно справляются с обработкой массивов данных, предсказывают рыночные тенденции и помогают планировать маршруты. В будущем можно ожидать появления самоуправляемых транспортных средств, например, беспилотных шаттлов и поездов, которые будут еще теснее связаны с омниканальной инфраструктурой. Пассажиру достаточно будет указать цель путешествия, а система сама выберет оптимальный маршрут, обеспечит бронирование билетов, предварительную оплату и согласует все временные промежутки. Развитие таких сценариев требует не только технической доработки, но и пересмотра юридической ответственности, привычных правил эксплуатации и даже вопросов этики. Территория аэропорта может стать своего рода «тестовой площадкой» для апробации новых автоматизированных решений, поскольку здесь уже сосредоточено множество протоколов безопасности и контроля [Сивогринов, 2000]. В идеале, это должно повысить оперативность передвижения и освободить человека от рутинных действий, поднимая уровень сервиса на принципиально новую высоту.

Технологические тренды, о которых идет речь, напрямую связаны с культурой данных, где принятие решений основывается на объективных показателях, а не догадках. Современные ТПУ генерируют огромные объемы информации: о перемещениях пассажиров, загрузке инфраструктуры, потреблении ресурсов. Анализ этих данных дает возможность обнаружить закономерности, оптимизировать рабочие процессы и строить модели развития на средне- и долгосрочную перспективу. Такой подход уменьшает вероятность ошибок и позволяет заранее планировать меры по устранению потенциальных проблем. Однако отсутствием централизованного подхода к сбору и хранению данных в ряде случаев страдают даже крупные транспортные объекты. Омниканальная инфраструктура способна объединять разрозненные источники информации в единую базу, что повышает эффективность управления. Конечно, при этом всегда встает вопрос о защищенности и приватности данных, поэтому необходим комплекс юридических и технических механизмов для регулирования доступа и использования подобных массивов [Galkin, Sirina, Zubkov, 2022].

Справедливость распределения ресурсов – еще один важный момент, который следует учитывать в исследованиях и практике. Подчас крупные инфраструктурные проекты сосредотачиваются лишь на центральных районах города, оставляя без внимания пригороды. Это может усилить социальное неравенство, вызвать рост транспортных проблем на окраинах и привести к негативному восприятию реформ. Чтобы избежать таких дисбалансов, при планировании омниканальных ТПУ целесообразно рассматривать город в целом, включая менее обеспеченные и удаленные районы. Хорошая практика – создание паритетных транспортных веток, стимулирование развития мест, не охваченных основной магистралью, и продуманные схемы льготного тарифа. Чем более равномерно распределяются выгоды от новой инфраструктуры, тем выше суммарный позитивный эффект [Вахненко, 2001]. Такой подход не

только укрепляет социальную сплоченность, но и обеспечивает бóльшую устойчивость ко внешним потрясениям.

Неотъемлемой частью всей структуры является надежность энергетического обеспечения. Аэропорты и ТПУ в силу круглосуточной работы и большого количества потребляемой энергии подвержены особым рискам при перебоях в снабжении. Поэтому внедрение резервных источников питания, продуманные схемы дублирования линий электропередач и интеграция систем накопления энергии становятся приоритетными направлениями. С учетом омниканальной природы объектов, сбой в системе электроснабжения может привести к потере связи между различными подсистемами: от информационных сервисов до электронных турникетов. В ряде современных проектов предусматривается наличие локальных возобновляемых источников, например, солнечных панелей на крышах терминалов или энергоустановок на биогазе. Подобное решение не только снижает зависимость от внешних поставок, но и способствует «позеленению» транспортной инфраструктуры [Кириллов С.Н., Матвеева, 2013]. Важно понимать, что внедрение подобных технологий требует инвестиций, но экономия на таких мерах может обернуться большими проблемами в будущем, когда нагрузка на инфраструктуру возрастет или произойдут непредвиденные события.

### Заключение

Таким образом, исследование всех вышеперечисленных факторов дает многогранную картину взаимодействия города и аэропорта в рамках транспортно-пересадочных узлов, формирующих основу для пассажирского комплекса будущего. Омниканальность здесь фигурирует как важнейший инструмент, который объединяет воедино технические, экономические, экологические и социальные аспекты. Понимание этой синергии требует системного подхода, где ключевую роль играют данные, инновации и гуманистические ценности. Ведь конечная цель любой транспортной реформы – улучшить жизнь людей, упростить их перемещения и обеспечить комфорт, сохраняя при этом гибкость и ответственность перед окружающей средой. Слияние города и аэропорта в единый организм, способный эффективно перераспределять потоки, развивать инновационную экономику и повышать привлекательность территории, становится реальностью там, где удастся найти баланс между стратегическими приоритетами и текущими потребностями [Скворцова, 2019]. Постоянное развитие технологий и формирование новых форм организационных структур только подтверждают, что впереди еще множество открытий и преобразований, которые окончательно оформят транспортно-пересадочные узлы в полноценные центры будущего для миллионов пассажиров по всему миру.

### Библиография

1. Вахненко Р.В. Проблемы устойчивого развития межрегиональных пассажирских связей населения Дальнего Востока // Проблемы устойчивого развития регионов в XXI веке: материалы VII Международного симпозиума. Биробиджан, 2004. С. 79-80.
2. Вахненко Р.В. Транспорт как фактор устойчивого развития региона // Социальная политика в Дальневосточном регионе России: материалы межрегиональной научно-практической конференции. 2001. С. 30-35.
3. Власов Д.Н., Данилина Н.В. Устойчивое развитие транспортных узлов в градостроительном планировании // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 44-49.
4. Власов Д.Н., Широкая Н.В. Развитие полифункциональной структуры городских центров в составе пересадочных узлов // Экология урбанизированных территорий. 2016. № 3. С. 54-61.
5. Гасанов М.А., Магомедов А.Г. Маркетинговые аспекты устойчивого развития транспортной системы региона //

- Вопросы структуризации экономики. 2012. № 2. С. 111-114.
6. Егоров К.В., Комаров Ю.Я., Джавадов А.А. Проблемы устойчивого развития транспортно-пересадочных узлов в поселениях, городских округах, городах федерального значения Российской Федерации и пути их решения // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2018. № 2 (23). С. 63-67.
  7. Жаркевич Д.В. Значение архитектурного компонента в создании системы устойчивого транспорта в крупных городах // Евсеев В.Н. (ред.) Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития – 2018: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 116-120.
  8. Кириллов С.Н., Матвеева А.А. Некоторые аспекты устойчивого развития транспортной системы региона (на примере Приволжской железной дороги) // Слипенчук М.В. (ред.) Рациональное природопользование: традиции и инновации: материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 277-279.
  9. Михневич И.М. Сравнение методик оценки устойчивого развития городских агломераций после внедрения систем скоростных автобусных перевозок (САП) // Мир транспорта и технологических машин. 2023. № 3-4 (82). С. 131-142.
  10. Параев Б.А., Бурлуцкий А.А., Куликов А.В. Особенности формирования приоритетов развития массового и индивидуального пассажирского транспорта крупного города // Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России: материалы XI Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2017. С. 238-242.
  11. Петров А.И. К вопросу устойчивости развития и жизнеспособности системы городского пассажирского общественного транспорта // Экономика природопользования и природоохраны: материалы IX Международной научно-практической конференции. Пенза, 2006. С. 45-47.
  12. Сивогринов А.А. Повышение устойчивости работы городского пассажирского транспорта в сбойных ситуациях: автореф. дисс. ... канд. экон. наук. М., 2000.
  13. Сивогринов А.А. Повышение устойчивости работы городского пассажирского транспорта в сбойных ситуациях: дисс. ... канд. экон. наук. М., 2000.
  14. Скворцова А.В. Тенденции формирования и развития типологии транспортно-пересадочных узлов // Сборник трудов аспирантов, магистрантов и соискателей. сборник трудов. Нижний Новгород, 2019. С. 143-148.
  15. Galkin A., Sirina N., Zubkov V. Stages of sustainable development of the integrated transport service model // X International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2022. Series "Transportation Research Proceedi". 2022. С. 2653-2660.

## **Study of the factors of sustainable development of transport interchange hubs in the structure of the city-airport passenger complex using omnichannel approaches**

**Galina V. Bubnova**

Doctor of Economics, Professor,  
Russian University of Transport (MIIT),  
127055, 9 Obraztsova str., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: bubnova@miit.ru

### **Abstract**

The article is devoted to the study of key factors of sustainable development of transport hubs (TH) in the structure of the "city-airport" passenger complex with an emphasis on the use of omnichannel approaches. The authors emphasize that modern TH have ceased to be purely functional objects, having turned into integrated elements of the urban environment, where technological, economic, social and environmental aspects interact. Omnichannel is considered as a critical tool for creating a single information space that provides passengers with transparency, convenience and speed of service at all stages of the journey. The materials and methods of the study include a comprehensive analysis of the problems of data fragmentation and the lack of uniform

standards of interaction between various transport operators, as well as an assessment of international experience in the implementation of "green" technologies and digital solutions. Particular attention is paid to the study of regulatory barriers, the need for public-private partnerships and the adaptation of the best world practices, taking into account regional specifics. The study is based on a systems approach that combines the analysis of passenger flow statistics, urban and environmental studies, modeling of development scenarios and risk assessment. The results of the study demonstrate that the sustainability of transport hubs is achieved through the synergy of several areas. Technologically, this is the introduction of integrated digital platforms (single tickets, multimodal services, big data analysis, AI for forecasting), "green" solutions (energy efficiency, renewable energy sources, emission reduction) and process automation. Economic sustainability is ensured by flexible financing models (PPP), adaptation to market fluctuations and increased investment attractiveness through improved service. The social aspect includes passenger comfort (ergonomics of spaces, multilingual navigation, accessible environment), development of human resources, involvement of local communities and consideration of the cultural characteristics of the region. The need for a balanced approach is emphasized. Digitalization and automation should complement, not replace the human factor, especially in non-standard situations. The effectiveness of omnichannel solutions directly depends on overcoming data fragmentation and developing uniform standards, which requires close coordination of all stakeholders. Successful integration of transport hubs into the urban fabric involves not only a transport function, but also the development of public spaces, commerce, and cultural elements, creating a positive image of the territory. Key challenges remain ensuring cybersecurity, risk management (including macroeconomic and climate), minimizing noise impact, and equitable distribution of resources between the center and the periphery. According to the authors, long-term sustainability is possible only with a synthesis of technological innovation, environmental responsibility, economic feasibility, and social orientation.

### For citation

Bubnova G.V. (2025) Issledovanie faktorov ustoichivogo razvitiya transportno-peresadochnykh uzlov v strukture passazhirskogo kompleksa gorod-aeroport s primeneniem omnichanal'nykh podkhodov [Study of the factors of sustainable development of transport interchange hubs in the structure of the city-airport passenger complex using omnichannel approaches]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (5A), pp. 54-71. DOI: 10.34670/AR.2025.95.58.005

### Keywords

Key transport hubs, omnichannel approaches, sustainable development, airport city, digitalization.

### References

1. Egorov K.V., Komarov, Yu.Ya., Dzhavadov A.A. (2018) Problemy ustoichivogo razvitiya transportno-peresadochnykh uzlov v poseleniyakh, gorodskikh okrugakh, gorodakh federal'nogo znacheniya Rossiyskoy Federatsii i puti ikh resheniya [Problems of sustainable development of transport hubs in settlements, urban districts, cities of federal significance of the Russian Federation and ways to solve them]. *Energo- i resursoberezhenie: promyshlennost' i transport* [Energy and Resource Saving: Industry and Transport], 2(23), pp. 63-67.
2. Galkin A., Sirina N., Zubkov V. (2022) Stages of sustainable development of the integrated transport service model. In: *X International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2022. Transportation Research Procedia*, pp. 2653-2660.
3. Gasanov M.A., Magomedov A.G. (2012) Marketingovy aspekt y ustoychivogo razvitiya transportnoy sistemy regiona

- [Marketing aspects of sustainable development of regional transport system]. *Voprosy strukturizatsii ekonomiki* [Issues of Economic Structuring], 2, pp. 111-114.
4. Kirillov S.N., Matveeva A.A. (2013) Nekotorye aspekty ustoychivogo razvitiya transportnoy sistemy regiona (na primere Privolzhskoy zheleznoy dorogi) [Some aspects of sustainable development of regional transport system (case study of Volga Railway)]. In M. V. Slipenchuk (ed.), *Ratsional'noe prirodopol'zovanie: traditsii i innovatsii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Rational nature management: traditions and innovations: Proceedings of the International scientific-practical conference], pp. 277-279.
  5. Mikhnevich, I. M. (2023) Sravnenie metodik otsenki ustoychivogo razvitiya gorodskikh aglomeratsiy posle vnedreniya sistem skorostnykh avtobusnykh perevozk (SAP) [Comparison of methods for assessing sustainable development of urban agglomerations after implementation of bus rapid transit systems (BRT)]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of Transport and Technological Machines], 3-4(82), pp. 131-142.
  6. Paraev B.A., Burlutskiy A.A., Kulikov A. V. (2017) Osobennosti formirovaniya prioritetov razvitiya massovogo i individual'nogo passazhirskego transporta krupnogo goroda [Features of forming development priorities for mass and individual passenger transport in large cities]. In: *Molodezh' i nauchno-tekhnicheskii progress v dorozhnoy otrasli yuga Rossii: materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh* [Youth and scientific-technical progress in the road industry of southern Russia: Proceedings of the 11th International scientific-technical conference of students, postgraduates and young scientists], pp. 238-242.
  7. Petrov A.I. (2006) K voprosu ustoychivosti razvitiya i zhiznesposobnosti sistemy gorodskogo passazhirskego obshchestvennogo transporta [On the issue of sustainability and viability of urban public transport system development]. In: *Ekonomika prirodopol'zovaniya i prirodookhrany: materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Economics of nature management and environmental protection: Proceedings of the 9th International scientific-practical conference]. Penza, pp. 45-47..
  8. Sivogriyov A.A. (2000). Povyshenie ustoychivosti raboty gorodskogo passazhirskego transporta v sboynykh situatsiyakh [Improving the stability of urban passenger transport in emergency situations]. Moscow.
  9. Sivogriyov, A. A. (2000). Povyshenie ustoychivosti raboty gorodskogo passazhirskego transporta v sboynykh situatsiyakh [Improving the stability of urban passenger transport in emergency situations]. Moscow.
  10. Skvortsova, A. V. (2019). Tendentsii formirovaniya i razvitiya tipologii transportno-peresadochnykh uzlov [Trends in formation and development of transport hub typology]. In: *Sbornik trudov aspirantov, magistrantov i soiskateley* [Collection of works by postgraduate students, master's students and applicants]. Nizhny Novgorod, pp. 143-148.
  11. Vakhnenko R.V. (2001) Transport kak faktor ustoychivogo razvitiya regiona [Transport as a factor of regional sustainable development]. In: *Sotsial'naya politika v Dal'nevostochnom regione Rossii: materialy mezhtseleynoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Social policy in the Russian Far East: Proceedings of the interregional scientific-practical conference], pp. 30-35.
  12. Vakhnenko R.V. (2004) Problemy ustoychivogo razvitiya mezhtseleynykh passazhirskekh svyazey naseleniya Dal'nego Vostoka [Problems of sustainable development of interregional passenger connections in the Far East population]. In: *Problemy ustoychivogo razvitiya regionov v XXI veke: materialy VII Mezhdunarodnogo simpoziuma* [Problems of regional sustainable development in the 21st century: Proceedings of the 7th International Symposium]. Birobidzhan, pp. 79-80.
  13. Vlasov D.N., Danilina, N.V. (2016). Ustoychivoe razvitie transportnykh uzlov v gradostroitel'nom planirovanii [Sustainable development of transport hubs in urban planning]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 9, pp. 44-49.
  14. Vlasov D.N., Shirokaya N.V. (2016). Razvitie polifunktsional'noy struktury gorodskikh tse ntrov v sostave peresadochnykh uzlov [Development of multifunctional structure of urban centers as part of transfer hubs]. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy* [Ecology of Urbanized Territories], 3, pp. 54-61.
  15. Zharkevich D.V. (2018). Znachenie arkhitekturnogo komponenta v sozdanii sistemy ustoychivogo transporta v krupnykh gorodakh [The importance of architectural component in creating sustainable transport system in large cities]. In: V.N. Evseev (ed.) *Arkhitektura i arkhitekturnaya sreda: voprosy istoricheskogo i sovremennogo razvitiya – 2018: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Architecture and architectural environment: issues of historical and contemporary development – 2018: Proceedings of the international scientific-practical conference], pp. 116-120.