

9) Рымбеков С.Е. Инновационная инфраструктура как основной механизм инновационной экономики / С.Е. Рымбеков, Б.Е. Блялов, Г.И. Гимранова // Уфимский гуманитарный научный форум. – 2022. – № 4 (12). – С. 116-122.

10) Сахаватов А.Т. Формирование и развитие инфраструктуры инновационной деятельности / А.Т. Сахаватов, А.Г. Агаева, З.Р. Гаджиева // Проблемы теории и практики управления развитием социально-экономических систем: материалы XIX всероссийской научно-практической конференции, Махачкала, 27–28 ноября 2023 года. – Махачкала: Дагестанский государственный технический университет, 2024. – С. 333-337.

11) Сидоров С.А. Инновационная инфраструктура как инструмент государственной поддержки инновационной деятельности / С.А. Сидоров // Экономика и качество систем связи. – 2023. – № 2 (28). – С. 10-17.

12) Соменкова Н.С. Инновационная инфраструктура как основа развития инновационной деятельности / Н.С. Соменкова // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: Материалы XIII Международной научно-практической конференции, Нижний Новгород, 04 июня 2025 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2025. – С. 180-183.

13) Тюкавкин Н.М. Инновационная экосистема развития инновационной инфраструктуры промышленного сектора / Н.М. Тюкавкин, Е. А. Курносова // Финансовая экономика. – 2019. – № 11. – С. 401-404.

ЦИФРОВАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ УМНОГО ГОРОДА

Ганиев Ринат Рамилевич¹

Российская Федерация, г. Казань, Казанский приволжский
федеральный университет.

¹Аспирант Казанского приволжского федерального университета. Научный руководитель: Чебыкина М.В., доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики инноваций Самарского университета (Chebykina M.V., Doctor of Economics, Associate Professor, Professor of the Department of Innovation Economics at Samara University).

Аннотация: В условиях усложнения пространственной структуры городских агломераций цифровая промышленная инфраструктура рассматривается как ключевой фактор формирования устойчивых территориальных связей и сбалансированного развития городской системы. В статье обосновывается, что интеграция цифровых промышленных платформ, интеллектуальных энергосистем и цифровых двойников инфраструктурных объектов трансформирует не только управленческие процессы, но и пространственную организацию города, влияя на распределение ресурсов, транспортную связанность и экономическую специализацию территорий. Показано, что цифровизация индустриального контура способствует снижению пространственной фрагментации, формированию агломерационных эффектов и повышению инвестиционной устойчивости городской среды. Делается вывод о том, что цифровая промышленная инфраструктура выступает структурным элементом пространственного каркаса умного города и обеспечивает его долгосрочную территориальную устойчивость.

Ключевые слова: цифровая промышленная инфраструктура; пространственное развитие; умные территории; киберфизические системы; цифровые двойники; устойчивость городской системы.

DIGITAL INDUSTRIAL INFRASTRUCTURE AS A FACTOR OF SUSTAINABLE SPATIAL DEVELOPMENT OF A SMART CITY

Ganiev R.R.

Russian Federation, Kazan, Kazan Federal University.

Abstract: In the context of the increasing complexity of the spatial structure of urban agglomerations, digital industrial infrastructure is considered as a key factor in shaping sustainable territorial linkages and balanced urban development. The article substantiates that the integration of digital industrial platforms, smart energy systems, and digital twins of infrastructural facilities transforms not only managerial processes but also the spatial organization of the city, influencing resource allocation, transport connectivity, and the economic specialization of territories. It is demonstrated that the digitalization of the industrial framework contributes to reducing spatial fragmentation, generating agglomeration effects, and enhancing the investment resilience of the urban environment. The study concludes that digital industrial infrastructure functions as a structural element of the spatial framework of a smart city and ensures its long-term territorial sustainability.

Key words: digital industrial infrastructure; spatial development; smart territories; cyber-physical systems; digital twins; urban sustainability.

Введение

В условиях нарастающей урбанизации, усложнения пространственной структуры городских агломераций и трансформации производственно-экономических связей возрастает значение цифровой инфраструктуры как системообразующего элемента территориального развития. Современные исследования в области концепции «умного города» демонстрируют устойчивый сдвиг от локальных управленческих решений к формированию интегрированных пространственных систем, объединяющих технологические, институциональные и социально-экономические контуры [8; 10; 12]. В российской практике данная тенденция проявляется в переходе от реализации отдельных проектов цифровизации муниципального управления к более широкой модели «умных территорий», охватывающей пригородные зоны, сельские территории и индустриальные кластеры [2].

В научной литературе последних лет пространственное развитие рассматривается как процесс формирования устойчивых территориальных связей, основанных на интеграции инфраструктурных, технологических и управленческих механизмов [7; 13]. При этом большинство исследований сосредоточено на цифровизации городской среды в аспекте повышения качества муниципального управления, развития интеллектуального транспорта и сервисных платформ [3; 4; 5]. В меньшей степени изучена роль промышленной инфраструктуры как ключевого элемента пространственного каркаса умного города, обеспечивающего устойчивость энергетических, транспортных и производственных потоков.

Международные исследования, посвящённые цифровой трансформации индустриальных территорий, показывают, что интеграция таких технологических решений, как Factories of the Future, BIM-моделирование и цифровые двойники, становится важным фактором формирования устойчивых промышленных экосистем и повышения ресурсной эффективности городской инфраструктуры [9]. Существенную роль в данных процессах играет развитие киберфизических систем и промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT), обеспечивающих постоянный обмен данными между физическими производственными объектами и их цифровыми моделями. Это создаёт возможности для реализации механизмов адаптивного и предиктивного управления, а также повышает уровень интероперабельности инфраструктурных систем [11]. В результате формируется новая конфигурация пространственной организации городской экономики, при которой промышленная инфраструктура

начинает выполнять не вспомогательную, а системообразующую функцию.

Российская практика цифровизации также демонстрирует усиление индустриального компонента в рамках проектов «Умный город» и «Цифровой регион». Данная тенденция отражает стремление к инфраструктурной и технологической конвергенции на уровне субъектов Российской Федерации [2].

Несмотря на значительное число исследований, посвящённых проблематике «умных городов» и «умных территорий» (Smart city, Smart territories), вопрос о влиянии цифровой промышленной инфраструктуры на пространственную устойчивость городской системы остается недостаточно разработанным. Большинство публикаций сосредоточено преимущественно на сервисных и управленческих аспектах цифровизации городской среды. При этом индустриальный контур цифровой трансформации – включающий интеллектуальные энергосистемы, цифровые двойники производственных объектов, индустриальные IoT-платформы и технологии BIM-моделирования – рассматривается фрагментарно. Между тем именно эти элементы обеспечивают оптимизацию распределения ресурсов, сокращение инфраструктурной фрагментации и формирование новых агломерационных эффектов в пространственной структуре городской экономики [9; 11; 13].

Цель настоящего исследования заключается в выявлении пространственных механизмов влияния цифровой промышленной инфраструктуры на устойчивое развитие умного города. Для достижения поставленной цели в работе последовательно рассматриваются теоретические подходы к пространственному развитию и концепции «умных территорий» [8; 10; 12], анализируется роль индустриального цифрового контура в формировании территориальной связанности, а также исследуются пространственные эффекты внедрения киберфизических систем и цифровых двойников [11]. Дополнительно оцениваются институциональные ограничения цифровизации в российских условиях [2; 4].

Методологической основой исследования выступают системный и пространственно-экономический подходы, позволяющие рассматривать цифровую промышленную инфраструктуру как интегрированный элемент территориального каркаса. В работе используются методы структурно-функционального анализа, сравнительного сопоставления международных и российских практик, а также обобщение результатов реализованных проектов цифровизации. Такой подход обеспечивает комплексное рассмотрение цифровой индустриальной инфраструктуры не только как технологического

инструмента модернизации, но и как стратегического фактора формирования устойчивой пространственной модели умного города.

Ход исследования

В современных исследованиях развитие концепции умного города все чаще рассматривается через призму пространственной организации цифровой трансформации. Если ранние модели «умных городов» преимущественно фокусировались на цифровизации муниципального управления и внедрении электронных сервисных платформ, то в последние годы в научной литературе усиливается внимание к формированию интегрированной территориальной структуры, в которой технологическая инфраструктура выступает одним из ключевых элементов пространственного развития [8; 10].

В рамках концепции «умных территорий» пространство интерпретируется не как совокупность административно ограниченных единиц, а как система взаимосвязанных производственных, энергетических, транспортных и информационных узлов. Функционирование таких узлов обеспечивается цифровыми технологиями, которые формируют единый контур обмена данными и координации инфраструктурных процессов [12].

В российской практике постепенный переход от концепции «умного города» к более широкой категории «умной территории» отражает стремление преодолеть дисбаланс пространственного развития между крупными городскими центрами и периферийными территориями, а также интегрировать индустриальные и сельские зоны в единое цифровое пространство [2]. Вместе с тем в научных работах подчеркивается, что процессы пространственной цифровизации сопровождаются рядом ограничений институционального и нормативного характера, а также выраженной неравномерностью технологического внедрения в различных регионах [4; 5]. Наличие подобных факторов требует более детального анализа роли инфраструктурных решений в формировании устойчивых территориальных связей.

Методологическая основа исследования базируется на системном подходе, позволяющем рассматривать городскую среду как киберфизическую систему, в которой физическая инфраструктура и цифровые компоненты функционируют во взаимосвязи и образуют единый жизненный цикл управления объектами и процессами [11]. Для анализа пространственных трансформаций используется инструментарий пространственно-экономического анализа, позволяющий выявлять механизмы перераспределения ресурсов, формирование агломерационных эффектов и изменение структуры территориальной экономики [7; 13]. Применение структурно-

функционального анализа дает возможность выделить ключевые элементы цифровой промышленной инфраструктуры и оценить их влияние на устойчивость территориальных систем. Дополнительно проводится сопоставительный анализ международных и российских практик цифровизации промышленных территорий [2; 9].

В рамках концепции умного города цифровая промышленная инфраструктура формируется как совокупность взаимосвязанных технологических решений. К числу таких решений относятся интеллектуальные энергосистемы, промышленные IoT-платформы, технологии цифровых двойников производственных и инфраструктурных объектов, а также интеграция BIM/ТИМ-моделей в процессы территориального и инфраструктурного планирования.

В условиях индустриально развитого города подобные решения способствуют перераспределению нагрузок на транспортные и энергетические сети, снижению аварийности и повышению прозрачности параметров функционирования инфраструктуры. Аналогичные процессы наблюдаются и в российских проектах цифровой трансформации, где интеллектуальные транспортные системы и автоматизированные комплексы управления энергетикой постепенно становятся элементами региональных цифровых платформ управления [2]. Аналитические материалы Департамента информационных технологий города Москвы также фиксируют тенденцию к интеграции транспортных цифровых систем, платформенных решений и инструментов предиктивной аналитики в единый инфраструктурный контур управления городской средой [6].

Пространственные последствия цифровой индустриализации проявляются в изменении характера функционирования инфраструктурных систем и экономических связей территории. Интеграция промышленных объектов, энергетических сетей и транспортно-логистических элементов в единые цифровые платформы управления способствует преодолению инфраструктурной фрагментации и формированию более согласованной территориальной структуры [9]. В результате возрастает прозрачность производственных процессов и снижается уровень операционных рисков, что повышает инвестиционную привлекательность территорий и расширяет возможности для долгосрочного инфраструктурного планирования [13].

Систематизация указанных процессов позволяет выделить ключевые компоненты цифровой промышленной инфраструктуры и определить механизмы их пространственного воздействия на развитие территорий. В обобщенном виде данные взаимосвязи представлены в Таблице 1.

Таблица 1 - Пространственные эффекты цифровой промышленной инфраструктуры [9; 11; 12; 13]

Компонент цифровой промышленной инфраструктуры	Пространственный механизм воздействия	Эффект для устойчивого развития
Интеллектуальные энергосистемы (Smart Grid)	Оптимизация распределения энергетических потоков	Снижение территориальных диспропорций, рост энергоэффективности
Цифровые двойники (Digital Twin) производственных объектов	Прогнозирование развития инфраструктурных узлов	Снижение инфраструктурных рисков и аварийности
Промышленный интернет вещей (Industrial IoT)	Мониторинг и координация производственно-логистических потоков	Повышение связанности агломерации
ВІМ/ТИМ в территориальном планировании	Интеграция данных проектирования и эксплуатации	Согласованность пространственного развития
Цифровые платформы управления	Централизация и аналитическая обработка данных	Рост инвестиционной привлекательности территории

Рассмотренные пространственные эффекты позволяют сделать вывод о том, что цифровая промышленная инфраструктура постепенно формирует структурный каркас городской системы. Ее значение проявляется не только на уровне отдельных инфраструктурных объектов, но и в организации территориальных связей, обеспечивающих устойчивость городской экономики в целом.

Наряду с положительными эффектами цифровая трансформация индустриальной инфраструктуры сопровождается рядом новых вызовов. Концентрация технологических решений у ограниченного круга крупных поставщиков может усиливать зависимость отдельных территорий от внешних цифровых платформ [2]. В научной литературе также отмечают риски монополизации технологических решений, информационной уязвимости и усиления пространственной неравномерности развития [3; 4]. При этом правовое регулирование цифровых инфраструктурных систем в настоящее время продолжает формироваться, что сохраняет определенную институциональную неопределенность [5].

Проведенный анализ показывает, что цифровая промышленная инфраструктура постепенно становится одним из ключевых элементов пространственного каркаса умного города. Ее внедрение приводит к трансформации территориальной структуры городской экономики, изменяет распределение экономической активности и формирует новые механизмы устойчивости, основанные на интеграции киберфизических систем, промышленных платформ и цифровых моделей пространственного развития [9; 10; 11].

Полученные результаты и выводы (Заключение)

Проведенное исследование показало, что интеграция киберфизических систем и цифровых двойников в промышленную инфраструктуру способствует переходу от реактивного к предиктивному управлению территориальными ресурсами. Постоянная связь между физическими объектами и их цифровыми моделями обеспечивает более эффективное распределение производственных мощностей, энергетических потоков и логистических маршрутов, что позволяет снижать пространственную фрагментацию и сокращать транзакционные издержки [11; 13].

Одновременно внедрение концепции *Factories of the Future* и использование BIM-моделирования в процессах территориального планирования формируют новые агломерационные эффекты. Они проявляются в концентрации высокотехнологичных производственных узлов и центров обработки данных, что усиливает связанность городской агломерации и способствует формированию устойчивых производственно-логистических кластеров [9; 10; 12].

Анализ российской практики цифровизации показал, что расширение модели «умного города» до формата «умных территорий» сопровождается институциональной трансформацией и постепенным формированием инфраструктурной конвергенции. Вместе с тем сохраняются ограничения, связанные с нормативной неопределенностью, рисками монополизации технологических решений и неравномерностью цифрового внедрения между регионами [2; 3; 4; 5].

Однако выявлены и ограничения, связанные с нормативной неопределенностью, рисками монополизации технологических решений и неравномерностью цифрового внедрения между регионами [3; 4; 5].

Таким образом, полученные результаты подтверждают гипотезу о том, что цифровая промышленная инфраструктура выполняет не вспомогательную, а структурообразующую функцию в системе пространственного развития умного города. Ее влияние проявляется в снижении инфраструктурной фрагментации, усилении агломерационных эффектов, повышении ресурсной эффективности и формировании устойчивых территориальных связей. Пространственная

устойчивость в данном контексте определяется степенью интеграции индустриального, энергетического и информационного контуров в единую цифровую экосистему [8; 10].

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении представлений о цифровой трансформации городов через призму пространственно-индустриального анализа, что дополняет существующие подходы к оценке «умных территорий» [7; 12].

Практическая ценность результатов состоит в возможности использования полученных выводов при разработке стратегий устойчивого пространственного развития, программ цифровизации промышленной инфраструктуры и механизмов государственно-частного партнерства в сфере киберфизических систем.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка количественных моделей оценки пространственных эффектов цифровой индустриализации. Особый интерес представляет анализ влияния интеллектуальных энергосистем, индустриальных IoT-платформ и технологий цифровых двойников на показатели территориальной конкурентоспособности и инвестиционной устойчивости.

Список использованных источников

1) Материалы ПАО «Ростелеком». Цифровой регион. Результаты цифровизации субъектов РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.company.rt.ru/projects/digital_region/results/ (дата обращения: 20.02.2025).

2) Москвитина Е.И. Оценка потенциала развития «умных территорий» в Российской Федерации // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2025. – № 4. – С. 80–89.

3) Пашкус Н.А., Пашкус В.Ю., Зинченко М.В. Эффективное позиционирование и развитие российских регионов в соответствии с концепцией «умного города» // Проблемы современной экономики. – 2024. – № 1 (89). – С. 133–136.

4) Рождественская И.А., Кабалинский А.И. Умные города в России: перспективы и ограничения развития // Вестник РАЕН. – 2023. – Т. 23, № 2. – С. 73–78.

5) Тихалева Е.Ю. «Умные города»: правовое регулирование и потенциал развития // Journal of Digital Technologies and Law. – 2023. – Т. 1, № 3. – С. 803–824.

6) Департамент информационных технологий города Москвы. Тренды развития умных городов. I квартал 2024 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ict.moscow/analytics/monitoring-mezhdunarodnykh-smart-praktik-za-i-kvartal-2025-goda/> (дата обращения: 20.02.2025).

7) Шшагошев Р.В., Бахунов А.А. Индикаторы оценки «умного» развития территории // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. – 2022. – № 2. – С. 50–61.

8) Antoine-Santoni T., Pineiro M.C., Baala O. et al. A smart territory, the key to resilient territory // Resilient and Sustainable Cities. – 2023. – P. 171–191.

9) Bolshakov A., et al. Factories of the Future in Smart Industrial Cities: Integrating BIM and Digital Twins for Sustainable Urban Development // Urban Science. – 2024. – Vol.8(3) art.66. – 21 p.

10) Gorelova I., Bellini F., D’Ascenzo F. Understanding smart territories: A conceptual framework // Cities. – 2024. – Vol. 152. – 13 p.

11) Koulamas C., Kalogeras A. Cyber-Physical Systems and Digital Twins in the Industrial Internet of Things // Computer. – 2018. – Vol. 51, No. 11. – P. 95–99.

12) Nikitaeva A. Yu., Chernova O. A., Molapisi L. Smart territories as a driver for the transition to sustainable regional development and green economy // R-economy. – 2022. – Vol. 8, No. 2. – P. 120–134.

13) Smyslova O.Yu., Makarov I.N., Gushchin D.V. Цифровизация и устойчивое развитие: новые вехи в пространственном планировании территорий России // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 7. – С. 1683–1702.

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ESG-ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ

Гаранина Янна Андреевна¹

Российская Федерация, г. Самара, Самарский университет.

Аннотация: В научной статье рассмотрены ключевые аспекты ESG-трансформации территорий как инструмента устойчивого регионального развития. Проанализированы экологические, социальные и управленческие компоненты ESG-подхода, а также их влияние на

¹Студентка 1 курса магистратуры направления 38.03.04. Государственное и муниципальное управление Института экономики и управления Самарского университета. Научный руководитель: Юкласова А.В., кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры государственного и муниципального управления Самарского университета (Yuklasova A.V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Public and Municipal Administration at Samara University).