

Научная статья
УДК 656; 65.011.56; 330.47
doi: 10.17586/2713-1874-2024-4-30-39

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНДУСТРИИ 4.0 В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Мария Вячеславовна Сысоенко¹, *Анна Сергеевна Лебедева²*

¹Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, sysoenko.m@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0004-5248-3101>

²Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербург, Россия, aslebedeva11@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5353-3885>

Язык статьи – русский

Аннотация: Интенсивное развитие цифровых технологий, их активное внедрение в сфере транспорта и логистики обуславливает необходимость изучения их влияния на транспортную систему, в частности на уровень ее интеллектуализации. Это позволит установить какие технологии Индустрии 4.0 необходимо внедрять в первую очередь для достижения наилучших параметров развития интеллектуальных транспортных систем. В связи с этим в работе анализируются различные технологии Индустрии 4.0, определяются возможные способы их применения для решения задач в контексте функционирования интеллектуальных транспортных систем и их элементов, получаемые эффекты от их внедрения для сферы транспорта и логистики. На основе анализа выявляются возможные параметры влияния технологий на развитие интеллектуальных транспортных систем, к которым относятся физическая и экологическая безопасность работы транспорта, информационная обеспеченность, скорость и точность принятия решений, физическая безопасность работы транспорта, эффективность использования ресурсов, удобство и комфорт, наличие развлекательной составляющей и др. На основе сопоставления выявленных параметров с конкретными видами цифровых технологий определяется какие технологии имеют большее влияние на интеллектуализацию транспортных систем. К таким технологиям относится интернет вещей, дополненная реальность и облачные решения. Также определяются параметры, которые в большей степени подвержены воздействию цифровых технологий: безопасность и эффективность транспортных систем. Полученные результаты имеют практическую значимость для разработки стратегических решений при реализации концепции Индустрии 4.0 в сфере транспорта и логистики.

Ключевые слова: Индустрия 4.0, инновационные технологии, интеллектуальные транспортные системы, цифровизация

Ссылка для цитирования: Сысоенко М. В., Лебедева А. С. Анализ применения технологий Индустрии 4.0 в интеллектуальных транспортных системах // Экономика. Право. Инновации. 2024. № 4. С. 30–39. <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2024-4-30-39>.

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Maria V. Sysoenko¹, *Anna S. Lebedeva²*

¹ITMO University, Saint Petersburg, Russia, sysoenko.m@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0004-5248-3101>

²SMTU, Saint Petersburg, Russia, aslebedeva11@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5353-3885>

Article in Russian

Abstract: The intensive development of digital technologies, their active implementation in the field of transport and logistics necessitates the study of their impact on the transport system, in particular on the level of its intellectualization. This will allow us to determine which technologies of Industry 4.0 need to be implemented first of all in order to achieve the best parameters for the development of intelligent transport systems. In this regard, the paper analyzes various technologies of Industry 4.0, identifies possible ways of their application to solve problems in the context of the functioning of intelligent transport systems and their elements. Based on the analysis, possible parameters of the impact of technologies on the development of intelligent transport systems are identified, which include physical and environmental safety of transport, information security, speed and accuracy of decision-making, physical safety of transport, resource efficiency, convenience and comfort, the presence of an entertainment component, etc. Based on the comparison of the identified parameters with specific types of digital technologies, it is determined which technologies have a greater impact on the intellectualization of transport systems. These technologies include the Internet of Things, augmented reality AR and cloud solutions. The parameters that are more susceptible to the effects of digital technologies are also determined:

the safety and efficiency of transport systems. The results obtained are of practical importance for the development of strategic solutions in the implementation of the concept of Industry 4.0 in the field of transport and logistics.

Keywords: digitalization, Industry 4.0, innovative technologies, intelligent transport systems

For citation: Sysoenko M. V., Lebedeva A. S. Analysis of the Application of Industry 4.0 Technologies in Intelligent Transport Systems. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2024. No. 4. pp. 30–39. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2024-4-30-39>.

Введение. Динамичное изменение внешнего мира в контексте политической и экономической ситуации обуславливает потребность внедрения инновационных технологий, способствующих переходу предприятий на новый уровень развития. Наиболее востребованными являются технологии Индустрии 4.0 (цифровые технологии), которые обеспечивают революционные трансформации различных отраслей экономики, в первую очередь, промышленности и транспорта. В сфере транспорта и логистики цифровые технологии имеют особое значение, так как благодаря использованию новейших технологических решений возникают новые возможности для снижения издержек, улучшения качества продукции и повышения уровня сервиса в транспортной индустрии.

Именно поэтому проблематика цифровизации и интеллектуализации процессов на транспорте становится все более актуальной как с точки зрения практических вопросов реализации, так и с точки зрения научно-исследовательской деятельности.

Литературный обзор. Общие теоретические положения реализации концепции Индустрии 4.0, в том числе особенности ее реализации на транспорте, были исследованы в работах таких авторов, как Семчук Д. Б., Осинцев Н.А., Ahuett-Garza H., Kurfess T., Fedorko G., Karishma M. Qureshi, Bhavesh G. Mewada, Kunrath T.L., Dresch A., Veit D.R., Siddiqui A., Khan M., Rashid R. и др. [11, 17–21].

Перспективы и опыт внедрения цифровых технологий в транспортно-логистической деятельности изучены в работах Балуева М. С., Виноградова А. Б., Зайченко И. М., Каменкова А. Л., Смагулова А. А., Сумина Д. А. [1, 3, 6, 7, 12, 14]. Непосредственно вопросы интеллектуализации транспортных систем и внедрения конкретных инновационных технологий для управления их элементами рассматривали Беляков А. А., Гущина М. В., Ермалина О. В., Лопаткин Г. А., Маркелов В. М., Медникова О. В., Степанян А. Ж.,

Фастович Г. Г., Шамлицкий Я. И. и др. [2, 4, 5, 7–10, 13, 15, 16].

Однако проблематика влияния конкретных цифровых технологий на процесс интеллектуализации транспортных систем является недостаточно изученной, что определило цель данного исследования.

Целью работы является определение влияния конкретных технологий Индустрии 4.0 на развитие интеллектуальных транспортных систем.

Методы и материалы исследования. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи.

1) Определить основные способы применения технологий Индустрии 4.0 в контексте элементов интеллектуальных транспортных системах.

2) Выявить параметры изменения интеллектуальных транспортных систем под воздействием достижений Индустрии 4.0;

3) Проанализировать влияние технологий Индустрии 4.0 на интеллектуальные транспортные системы.

Объектом исследования являются интеллектуальные транспортные системы, а предметом – способы применения цифровых технологий в интеллектуальных транспортных системах.

В работе используются методы формальной логики, анализа, графоаналитический метод, построение матриц взаимодействия.

Результаты исследования. Интеллектуальная транспортная система (или ИТС) является фундаментальным элементом в глобальном транспортном секторе и с точки зрения теории объясняется как совокупность технологий и инфраструктуры, направленных на создание более эффективной, безопасной и экологически чистой транспортной среды [9]. Таким образом, основная цель интеллектуализации транспортных систем заключается в повышении уровня безопасности и эффективности транспорта, что может быть реализовано только на основе применения таких тех-

нологий концепции Индустрия 4.0 как интернет вещей, возможности машинного обучения и автоматизации, которые помогают значительно повысить показатели функционирования рынка транспортных услуг. На практике ИТС состоят из нескольких ключевых элементов: деревья управления транспортным потоком, технологии управления грузом и транспортом, интеллектуальные транспортные системы мониторинга и технологии управления парковкой.

Под деревьями управления транспортным потоком подразумевается информация, которая необходима для функционирования транспорта в целом в соответствии с ожиданиями и потребностями пользователей [5]. Данный элемент реализуется на основе технических решений Индустрии 4.0, которые моделируют динамику транспортных потоков в режиме реального времени, что позволяет предотвратить пробки, устранить проблемы низкой производительности автомобилей и эффективно распределить потоки на основе информации о местонахождении и потребностях пользователей. Понятие технологий управления грузом и транспортом объясняется через способы улучшения производительности и качества грузоперевозок [2].

Сегодня продолжают активно развиваться и в большем объёме внедряться на транспорте такие технологии, как RFID-системы, GPS-навигация и датчики, позволяющие автоматизировать процессы мониторинга и управления транспортировкой грузов. Благодаря этому становится возможным уменьшение непредвиденных задержек и улучшение точности сборки и доставки товара в соответствии с требованиями потребителей. Экспертами анализируемой отрасли интеллектуальные системы мониторинга рассматриваются с точки зрения наблюдения за транспортным потоком в режиме реального времени [16]. Это объясняется тем, что подобные технологии позволяют быстро выявлять и решать проблемы в системе на основе данных о трафике, возможных опасностях в виде погодных условий и ремонтных работ. Технологии управления парковкой используются для решения основной одноимённой проблемы транспортной сети [4]. Благодаря современным техническим возможностям в таких системах применяются датчики,

обеспечивающие доступность парковочных мест и позволяющие эффективно использовать городское пространство.

Интеллектуальные транспортные системы являются одним из ключевых направлений развития транспортной индустрии в 21 веке. Современные технологические инновации охватывают множество областей человеческой деятельности с целью оптимизировать и усовершенствовать процессы с помощью таких достижений Индустрии 4.0, как блокчейн (БЧ), большие данные (БД), облачные технологии (ОТ), дополненная реальность (ДР), интернет вещей (ИВ), прогнозная аналитика (ПА), автоматизация и робототехника (АВР), носимая электроника (НЭ), 3D-печать (3Д) и дроны (АТСД).

Рассматривая достижения Индустрии 4.0 в контексте ИТС, можно сделать вывод, что каждая из них находит свое применение для решения задач транспорта и логистики. Блокчейн создаёт более безопасное и эффективное управление транспортными средствами, используя технологию распределенного реестра для учета и управления данными о движении на дорогах [15]. Также разрабатываются системы управления трафиком на основе данных о движении, создаются системы управления транспортным потоком, что позволяет в целом увеличить уровень безопасности на дорогах. Наряду с этим, блокчейн может использоваться для создания автоматических платежных систем для транспорта, включая оплату проезда на общественном транспорте, платежи за парковку и оплату за использование инфраструктуры для зарядки электромобилей. Интеллектуальные контракты на основе блокчейн-технологии могут быть настроены на автоматическое изменение параметров сделки при наступлении определенных условий, например, автоматически могут быть предоставлены скидки на транспортные услуги при достижении определенного количества поездок. Аналогичная технология также может быть использована для решения задач хранения и обмена информацией о транспортных средствах, их состоянии, пробеге, данных о техническом обслуживании и ремонте и т.п., с обеспечением доступа к информации широкому кругу пользователей. Кроме того, данная технология, применяемая в контексте управления энергопотреблением

в течение суток, связана с процессом распределения энергии между электромобилями, электрическими зарядными устройствами.

Технологии обработки больших данных (Big Data) являются неотъемлемой частью ИТС, поскольку они помогают обрабатывать и анализировать значительные массивы информации, собираемой датчиками, камерами, мобильными устройствами и другими инструментами мониторинга [7]. К основным задачам сферы транспорта и логистики, решаемым с помощью данной технологии, можно отнести следующие.

1) Прогнозирование интенсивности транспортных потоков, вероятности и плотности заторов и пробок. При развитии аналитической и прогностической функции технологий больших данных возможно будет полностью автоматизировать управление дорожным движением, производить изменение маршрутизации в реальном времени, принимать оптимальные решения по развитию городской инфраструктуры.

2) Сбор и анализ информации о состоянии транспортных средств, включая пробег, расход топлива и другие параметры для оптимизации ресурсов и затрат с целью повышения эксплуатационной эффективности.

3) Выявление факторов опасности на дороге и предупреждение водителей о потенциальных рисках, к которым могут относиться непредвиденные события, остановки транспорта, появление препятствий, резкое изменение погодных условий, наличие опасных участков, что снижает вероятность дорожно-транспортных происшествий.

4) Совершенствование функционала мобильных приложений для городского пассажирского транспорта за счет анализа и корректировки карты маршрутов на основе данных о расписании и транспортном потоке, обеспечения возможности пополнения проездных карт и электронных кошельков для оплаты парковки.

5) Повышение точности и своевременности принятия решений по планированию ремонта дорожной инфраструктуры, управлению парковочным пространством и транспортным потоком умных городов.

Автономные транспортные средства (АТС), беспилотные летательные аппараты (БПЛА) являются еще одной технологией

Индустрии 4.0, которая позволяет повысить безопасность, эффективность и экологичность транспортной системы [13] по следующим причинам:

– АТС не требуют соблюдения режима труда и отдыха водителей и могут непрерывно осуществлять транспортировку грузов;

– алгоритмы работы АТС настраиваются на экономичный стиль вождения при соблюдении всех правил дорожного движения, что благоприятно отражается на экологической и физической безопасности транспорта;

– БПЛА способны доставлять груз в труднодоступные для обычных транспортных средств места, а также работать в условиях чрезвычайных ситуаций.

Кроме того, при участии в дорожном движении более предсказуемых АТС процесс автоматизированного централизованного управления транспортными потоками становится проще, среднее время в пути при этом сокращается. Стоит отметить, что АТС и БПЛА также имеют специфические области применения и могут использоваться для мониторинга дорожного движения, патрулирования, поиска пропавших людей, обеспечения транспортной мобильности отдельных групп населения с ограниченными возможностями передвижения.

Технологии дополненной реальности (AR) в контексте интеллектуализации транспортных систем являются инструментом отображения навигационной и иной актуальной информации на лобовом стекле автомобиля. Такой подход позволяет упростить процесс управления транспортным средством, снизить вероятность ошибок, повысить внимательность водителя к дорожной обстановке, предупреждающим знакам и сигналам [12]. Это, в свою очередь, оказывает влияние на безопасность дорожного движения, стиль вождения. Также виртуальная реальность (VR) может быть использована в процессе обучения управлению разными видами транспорта, в том числе в экстремальных условиях. Для пассажиров VR-технологии представляют интерес с точки зрения создания интерактивных развлекательных приложений и игр, которые снижают напряжение во время длительных поездок.

Интернет вещей (IoT) может быть использован в ИТС для сбора и анализа данных,

управления транспортными средствами и инфраструктурой, обеспечения безопасности на дорогах и создания более эффективной и экологически чистой транспортной среды [10]. С этим нельзя не согласиться, так как сегодня IoT-датчики могут собирать данные о транспорте, дорогах, погодных условиях, заторах и других факторах, которые могут влиять на движение транспорта, позволяя в дальнейшем использовать полученную информацию для автоматической регулировки транспортного потока и улучшения безопасности дорожного движения. Наряду с этим, интернет вещей используется для обеспечения удаленного управления транспортными средствами и мониторинга их состояния через IoT-датчики, способные обнаруживать поломки в транспортных средствах и отправлять автоматические оповещения о необходимости ремонта. Используя данные о транспортном потоке и текущем местоположении транспортных средств, IoT-технологии могут помочь оптимизировать маршруты и уменьшить время в пути, на основе регулировки светофоров, управления дорожными знаками. Технологии интернета вещей способны повысить безопасность на дорогах, предупреждая водителей о близости пешеходов или велосипедистов, а также о различных непредвиденных ситуациях на дороге.

В интеграции с датчиками интернета вещей (IoT) облачные решения формируют условия для эффективного мониторинга дорожного движения, что позволяет прогнозировать трафик. Они также облегчают процесс координации и взаимодействия различных видов транспорта при организации мультимодальных перевозок. Использование облачных решений обеспечивает более быстрый и надежный доступ к информации о транспортных потоках, дорожно-транспортных происшествиях, нарушениях [14], что является важным условием функционирования ИТС.

Несмотря на то, что на первый взгляд, технологии 3D-печать не связана с ИТС, некоторые эксперты имеют противоположное мнение [3]. Данная технология применяется для создания деталей, запасных частей и комбинаций отдельных компонентов, что позволяет существенно сократить длительность производственного цикла и себестоимость элементов, входящих в ИТС. В условиях

санкций роль технологии 3D-моделирования возрастает, обеспечивая ИТС необходимыми запасными частями для механических, оптических, электрических и других типов датчиков. Кроме того, использование 3D-печати для ускорения процесса создания прототипов сложных технических систем, их тестирования и испытания, положительно влияет в целом на развитие инновационных транспортных технологий.

Следующей технологией Индустрии 4.0 является носимая электроника. Она часто используется для контроля состояния водителей, оптимизации обслуживания общественного транспорта [8]. Браслеты и часы, отслеживая частоту сердечных сокращений, уровень стресса, усталость и другие физиологические показатели водителей, определяют его готовность к управлению транспортным средством. Также устройства могут участвовать в обнаружении пассажиров в случае возникновения чрезвычайной ситуации, внедряться для контроля доступа в салон транспортного средства и ограничения движения на определенных участках дороги. Данная технология применяется для установления местонахождения, считывания данных о системе оплаты проезда и изменениях в расписании общественного транспорта.

Прогнозная аналитика в ИТС используется для предсказания будущих событий и их влияния на транспортную систему, что позволяет разрабатывать стратегии для оптимизации движения транспортных средств и повышения эффективности работы системы в целом. Применение прогнозной аналитики может улучшить управляемость транспортной системой и снизить затраты на ее эксплуатацию [6]. Прогнозируя пассажиропоток на определенном участке дороги или на конкретной остановке, ИТС получают возможность определять оптимальное количество транспортных средств для обслуживания пассажиров, что, в свою очередь, повышает эффективность и качество транспортной системы. Используя данные о дорожном трафике, ИТС прогнозирует вероятные заторы и предлагает альтернативные маршруты движения для общественного транспорта. На основе ретроспективных данных о дорожно-транспортных происшествиях, ремонтно-технических остановках транспортных средств и

других инцидентах инструменты прогнозной аналитики рассчитывают вероятность возникновения подобных событий в будущем для принятия мер по их предотвращению в настоящем.

Оценка текущего состояния и планирование будущих изменений дорожной сети с помощью прогнозной аналитики помогает оптимизировать расходы на дорожное строительство и ремонт. Наряду с этим, с помощью анализа и прогнозирования данных о состоянии транспортных средств, их загрузки, местоположении и других параметров ИТС могут оптимизировать их использование, повышая уровень обслуживания и освобождая ресурсы для других целей.

Такие инновационные достижения Индустрии 4.0, как автоматизированные или роботизированные устройства, позволяют повысить точность и скорость транспортных процессов, а также снизить затраты на перевозку грузов и пассажиров, что в дальнейшем в целом уменьшит издержки на производство [1]. Роботизированные процессы производства и сборки транспортных средств могут повысить точность и скорость выпуска и обслуживания транспортных средств, а также осуществлять непрерывную проверку и диагностику неисправностей для проведения своевременного технического обслуживания и ремонта. Важным является и экологический аспект данной технологии, позволяющей на своей основе разработать более экологически

чистые транспортные средства и оптимизировать их работу в экологически чувствительных регионах.

Таким образом, все рассмотренные выше цифровые технологии так или иначе оказывают влияние на развитие элементов ИТС. Однако параметры, на которые они влияют, будут разными. Так, одни будут повышать доступность разных видов транспорта, а другие будут связаны с качеством перевозок. Выделим основные параметры влияния технологий на ИТС:

- физическая безопасность работы транспорта;
- оптимизация ресурсов;
- комфортная среда;
- оптимизация инфраструктуры;
- эффективность транспортной системы;
- доступность транспорта;
- удобство использования транспорта;
- информационная обеспеченность;
- развлекательная среда;
- скорость и точность принятия решений;
- повышение качества работы транспорта;
- экологическая безопасность транспорта.

На основании проведенного анализа применения технологий Индустрии 4.0 была сформирована матрица их влияния на ИТС, отражающая происходящие в них изменения под воздействием инноваций, представленная в таблице 1.

Таблица 1

Матрица влияния технологий Индустрии 4.0 на ИТС

Параметр влияния технологии на ИТС	Технология Индустрии 4.0									
	ИВ	ДР	ОТ	ВД	АТСД	БЧ	ЗД	НЭ	АВР	ПА
Физическая безопасность работы транспорта										
Оптимизация ресурсов										
Комфортная среда										
Оптимизация инфраструктуры										
Эффективность транспортной системы										
Доступность транспорта										
Удобство использования транспорта										
Информационная обеспеченность										

Параметр влияния технологии на ИТС	Технология Индустрии 4.0									
	ИВ	ДР	ОТ	БД	АТСД	БЧ	3D	НЭ	АВР	ПА
Развлекательная среда		■								
Скорость и точность принятия решений	■	■								
Повышение качества работы транспорта			■							■
Экологическая безопасность транспорта	■								■	

Условные обозначения: ИВ – интернет вещей; ДР – дополненная реальность; ОТ – облачные технологии; БД – большие данные; АТСД – автономные транспортные средства и дроны; БЧ – блокчейн; 3D – 3D-печать; НЭ – носимая электроника; АВР – автоматизация и роботизация; ПА – прогнозная аналитика.

На основе матрицы были составлены диаграммы, отражающие какие технологии имеют большее влияние на ИТС по обозначенным в матрице параметрам и какие

параметры в большей степени обеспечиваются за счет развития и внедрения цифровых технологий. Они представлены на рисунках 1 и рисунке 2, соответственно.

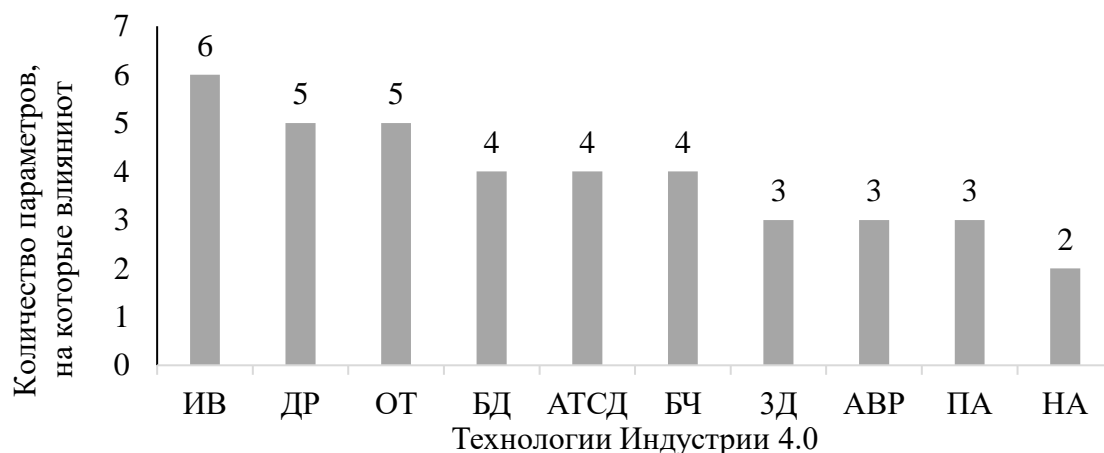


Рисунок 1 – Количество параметров, на которые оказывают влияние те или иные цифровые технологии

Исходя из проведенного исследования, интернет вещей оказывает влияние на большее количество параметров, а носимая электроника – на меньшее. Это объясняется тем, что технологии, не имеющие физического выражения и работающие за счёт различных сетей, имеют больше возможностей для выражения результатов функционирования. На втором месте по количеству параметров находится технология дополненной реальности, что отражает общий тренд рынка и общества на геймификацию происходящих процессов и перемену вектора внимания потребителей, в данном случае водителей, на ускорение получения информации о дорожных ситуациях. 3D-принтеры, автоматизация, роботизация и

прогнозная аналитика также имеют узкую функциональную направленность и применяются в отдельных направлениях транспортно-логистической деятельности.

Такие параметры, как безопасность и эффективность транспортных систем, требуют внедрения большего количества видов цифровых технологий, а для создания развлекательной среды достаточно одной технологии VR. Это обусловлено тем, что большинство технологий имеют направленность именно на работу с надёжностью ИТС и ее функционированием в соответствии с растущим трафиком и запросами дорожной среды. Достижения Индустрии 4.0, связанные с меньшим количеством технологий Индустрии 4.0,

формируют общие характеристики транспортной системы как с точки зрения её участников, потребителей, так и с точки зрения региональных тенденций.

Выводы и рекомендации. На основании проведённого исследования можно сделать вывод, что все основные технологии четвёртой промышленной революции, рассмотренные в работе, на сегодняшний день продолжают активное внедрение в ИТС. Они позволяют сделать их более безопасными, экономичными и эффективными, создают более удобную и комфортную среду для пассажиров и водителей. С помощью описанных инноваций происходит оптимизация городской инфраструктуры и увеличивается доступность и удобство транспортных систем для населения. Вместе с этим, улучшается информационная и интерактивная среда для пассажиров, а также осуществляется помощь водителям в принятии более осознанных решений на дороге. Значительное повышение уровня организации транспортных систем позволяет уменьшить время на планирование маршрутов, увеличить пропускную способность дорог и в целом повысить безопасность дорожного движения. С использованием инновационных технологий не только повышается эффективность производства, но и сокращается

его время и снижается стоимость создания продукции, что ускоряет процесс разработки ИТС и новых технологичных решений. Повышение общей эффективности и совершенствование работы системы в целом обеспечивает более безопасную и экологически чистую работу транспортных средств.

Однако в результате исследования были выявлены технологии Индустрии 4.0, которые оказывают наибольший эффект с точки зрения интеллектуализации транспорта и логистики, что определяет приоритетность их внедрения для достижения наилучших параметров развития ИТС. Данные практические рекомендации могут быть использованы для разработки положений стратегий развития транспортной системы РФ, а также для стратегического планирования деятельности и функционирования конкретных предприятий транспортной отрасли.

Применение достижений Индустрии 4.0 в ИТС ещё не до конца изучено, что обуславливает необходимость проведения новых исследований с целью изучения возможностей сохранения рабочих мест, обеспечения безопасности взаимодействия человека и технологий, а также соответствия вопросов законности и надёжности с получаемыми преимуществами для рынка.

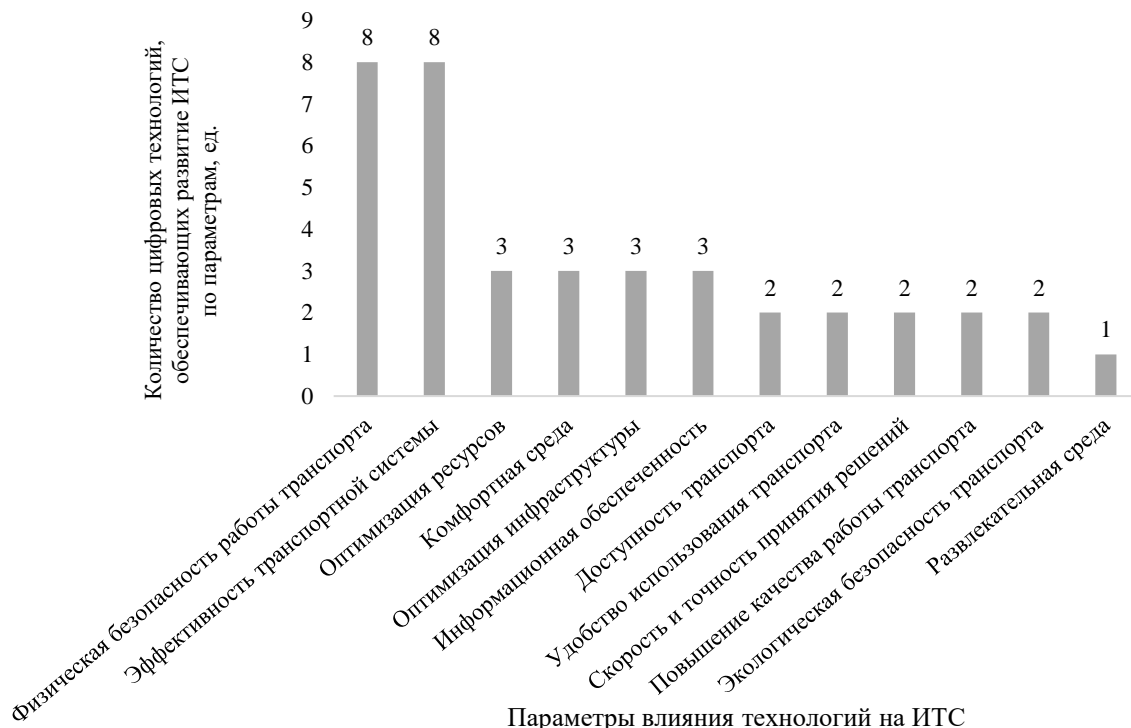


Рисунок 2 – Количество цифровых технологий, обеспечивающих развитие ИТС по тем или иным параметрам

Список источников

1. Балугев М. С. Перспективы использования робототехники для выполнения логистических работ // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2021. № 2 (48). С. 24–28.
2. Беляков А. А., Шулепов А. И. Система управления размещением грузов // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2021. № 93. С. 37–41.
3. Виноградов А. Б. Влияние трехмерной печати на логистику и управление цепями поставок (часть 1) // Логистика сегодня. 2015. № 5. С. 276–286.
4. Гуцина М. В. Управление современными механизмами организации парковочного пространства в мировой практике // Научный журнал молодых ученых. 2019. № 3. С. 58–69.
5. Ермилина О. В., Дёмина В. Д. Система управления транспортными потоками с использованием нечеткого регулятора на перекрестке // Инженерный вестник Дона. 2021. № 8. С. 1–11.
6. Зайченко И. М. Предиктивная аналитика в управлении цепями поставок // Научный вестник Южного института менеджмента. 2019. № 2. С. 18–22.
7. Каменков А. Л. Применение больших данных для анализа пассажиропотока на скоростных магистралях Российской Федерации // Инновационные транспортные системы и технологии. 2020. № 2 (6). С. 106–115.
8. Лопаткин Г. А. Современное состояние логистических решений и пути их развития в условиях цифровизации экономики // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2020. № 2 (70). С. 65–74.
9. Маркелов В. М., Соловьев И. В., Цветков В. Я. Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления // Economic Consultant. 2019. № 3. С. 42–49.
10. Медникова О. В. IoT в транспорте: как интернет вещей помогает избежать катастрофы, аварии и загруженность крупных городов // Вестник Академии знаний. 2019. № 33 (4). С. 154–158.
11. Семчук Д. Б., Осинцев Н. А. Систематизация принципов и технологий Индустрии 4.0 в устойчивых цепях поставок // Недропользование и транспортные системы. 2024. № 13 (2). С. 10–24.
12. Смагулов А. А. Дополненная реальность в логистике // Вопросы устойчивого развития общества. 2021. № 6. С. 560–568.
13. Степанян А. Ж. Проблемы регулирования беспилотных транспортных средств // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. 2019. № 4. С. 169–174.
14. Сумина Д. А. Применение облачных технологий на транспорте // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. № 1. С. 63–66.
15. Фастович Г. Г. К вопросу о применении современных технологий в логистических системах // Аграрное и земельное право. 2019. № 5 (173). С. 13–16.
16. Шамлицкий Я. И., Тихоненко Д. В. Системы мониторинга транспортных средств на основе ГЛОНАСС/GPS // Решетневские чтения. 2010. Т. 2. С. 661–662.
17. Ahuett-Garza H., Kurfess T. A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and

References

1. Baluev M. S. Prospects for Using Robotics to Perform Logistics Work. *Teoriya i praktika servisa: ekonomika, so-cial'naya sfera, tekhnologii*. 2021. No. 2 (48). pp. 24–28. (In Russ.).
2. Belyakov A. A., Shulepov A. I. Cargo Placement Management System. *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i ekonomicheskie nauki*. 2021. No. 93. pp. 37–41. (In Russ.).
3. Vinogradov A. B. The Impact of 3D Printing on Logistics and Supply Chain Management (Part 1). *Logistika segodnya*. 2015. No. 5. pp. 276–286. (In Russ.).
4. Gushchina M. V. Management of Modern Mechanisms for Organizing Parking Space in World Practice. *Nauchnyj zhurnal molodyh uchenyh*. 2019. No. 3. pp. 58–69. (In Russ.).
5. Ermilina O. V., Dyomina V. D. Traffic Flow Management System Using Fuzzy Controller at Intersection. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2021. No. 8. pp. 1–11. (In Russ.).
6. Zajchenko I. M. Predictive Analytics in Supply Chain Management. *Nauchnyj vestnik Yuzhnogo instituta menedzhmenta*. 2019. No. 2. pp. 18–22. (In Russ.).
7. Kamenkov A. L. Application of Big Data for Passenger Flow Analysis on Highways of the Russian Federation. *Innovacionnye transportnye sistemy i tekhnologii*. 2020. No. 2 (6). pp. 106–115. (In Russ.).
8. Lopatkin G. A. Current State of Logistics Solutions and Ways of Their Development in the Context of Digitalization of the Economy. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINH)*. 2020. No. 2 (70). pp. 65–74. (In Russ.).
9. Markelov V. M., at all. Intelligent Transport Systems as a Management Tool. *Economic Consultant*. 2019. No. 3. pp. 42–49. (In Russ.).
10. Mednikova O. V. IoT in Transport: How the Internet of Things Helps to Avoid Disasters, Accidents and Congestion in Large Cities. *Vestnik Akademii znaniy*. 2019. No. 33 (4). pp. 154–158. (In Russ.).
11. Semchuk D. B., Osincev N. A. Systematization of Industry 4.0 Principles and Technologies in Sustainable Supply Chains. *Nedropol'zovanie i transportnye sistemy*. 2024. No. 13 (2). pp. 10–24. (In Russ.).
12. Smagulov A. A. Augmented Reality in Logistics. *Voprosy ustojchivogo razvitiya obshchestva*. 2021. No. 6. pp. 560–568. (In Russ.).
13. Stepanyan A. Zh. Problems of Regulation of Unmanned Vehicles. *Vestnik Universiteta imeni O. E. Kutafina*. 2019. No. 4. pp. 169–174. (In Russ.).
14. Sumina D. A. Application of Cloud Technologies in Transport. *Interekspos Geo-Sibir'*. 2019. No. 1. pp. 63–66. (In Russ.).
15. Fastovich G.G. On the Issue of Application of Modern Technologies in Logistics Systems. *Agrarnoe i zemel'noe pravo*. 2019. No. 5 (173). pp. 13–16. (In Russ.).
16. Shamlickij Ya.I., Tihonenko D. V. Vehicle Monitoring Systems Based on GLONASS/GPS. *Reshetnevskie chteniya*. 2010. Vol. 2. pp. 661–662. (In Russ.).
17. Ahuett-Garza H., Kurfess T. A Brief Discussion on the Trends of Habilitating Technologies for Industry 4.0 and

- Smart manufacturing // *Manufacturing Letters*. 2019. Т. 15. С. 60–63. (In Eng.).
18. Fedorko G. Implementation of Industry 4.0 in the belt conveyor transport // *MATEC Web of Conferences* 263. 2019. С. 1–6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/330734780_Implementation_of_Industry_40_in_the_belt_conveyor_transport (In Eng.).
19. Karishma M. Q., et al. Investigating industry 4.0 technologies in logistics 4.0 usage towards sustainable manufacturing supply chain // *Heliyon*. 2024. Т. 10. №. 10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/380435630_Investigating_Industry_40_Technologies_in_Logistics_40_Usage_Towards_Sustainable_Manufacturing_Supply_Chain (In Eng.).
20. Kunrath T. L., Dresch A., Veit D. R. Supply chain management and industry 4.0: a theoretical approach // *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2022. Т. 20 (1). С. 1263 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/364249699_Supply_chain_management_and_industry_40_a_theoretical_approach (In Eng.).
21. Siddiqui A., Khan M., Rashid R. Industry 4.0 Adoption in Transportation: Does Industry 4.0 Adoption Enhance Sustainability? A Systematic Literature Review // *International Journal of Supply and Operations Management*. 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/378545597_Industry_40_Adoption_in_Transportation_Does_Industry_40_Adoption_Enhance_Sustainability_A_Systematic_Literature_Review (In Eng.).
- Smart Manufacturing. *Manufacturing Letters*. 2019. Vol. 15. pp. 60–63.
18. Fedorko G. Implementation of Industry 4.0 in the Belt Conveyor Transport. *MATEC Web of Conferences* 263. 2019. pp. 1–6. Available at: https://www.researchgate.net/publication/330734780_Implementation_of_Industry_40_in_the_belt_conveyor_transport
19. Karishma M., at al. Investigating Industry 4.0 Technologies in Logistics 4.0 Usage Towards Sustainable Manufacturing Supply Chain. *Heliyon*. 2024. Vol. 10. No. 10. Available at: https://www.researchgate.net/publication/380435630_Investigating_Industry_40_Technologies_in_Logistics_40_Usage_Towards_Sustainable_Manufacturing_Supply_Chain
20. Kunrath T. L., Dresch A., Veit D. R. Supply Chain Management and Industry 4.0: a Theoretical Approach. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2022. Vol. 20 (1). P. 1263. Available at: https://www.researchgate.net/publication/364249699_Supply_chain_management_and_industry_40_a_theoretical_approach
21. Siddiqui A., Khan M., Rashid. Industry 4.0 Adoption in Transportation: Does Industry 4.0 Adoption Enhance Sustainability? A Systematic Literature Review. *International Journal of Supply and Operations Management*. 2024. Available at: https://www.researchgate.net/publication/378545597_Industry_40_Adoption_in_Transportation_Does_Industry_40_Adoption_Enhance_Sustainability_A_Systematic_Literature_Review