

Цифровые двойники в управлении транспортной инфраструктурой

Digital Twins in Transport Infrastructure Management

DOI 10.12737/2306-627X-2022-11-4-31-43

Получено: 13 октября 2022 г. / Одобрено: 21 октября 2022 г. / Опубликовано: 28 декабря 2022 г.

Пилипенко П.П.

Д-р экон. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова», г. Москва

Pilipenko P.P.

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

Бабьнина Л.С.

Д-р экон. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова», г. Москва

Babynina L.S.

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

Тимошенко Г.А.

Канд. экон. наук,
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова»

Timoshenko G.A.

Candidate in Economic Sciences,
Plekhanov Russian University of Economics, Moscow

Аннотация

Цифровые двойники объектов транспортной инфраструктуры в сочетании с цифровыми технологиями и алгоритмами управления в составе интеллектуальных транспортных систем позволяют экономить физические, финансовые, материальные и другие ресурсы и могут применяться как на этапе проектирования транспортной инфраструктуры, так и при выполнении диагностических и прогностических анализов во время эксплуатации транспортных объектов. Преимущества цифровых двойников открывают перед транспортной отраслью значительные возможности для разработки новых способов проектирования, строительства, эксплуатации и мониторинга транспортной инфраструктуры в связи с принятой Правительством РФ Транспортной стратегией России до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года.

Цель данной публикации — выяснить, как цифровые двойники объектов транспортной инфраструктуры могут помочь транспортной отрасли создавать и эксплуатировать современную транспортную инфраструктуру и интеллектуальную транспортную систему. В работе представлен анализ преимуществ и проблем управления транспортной отраслью и предлагается ряд подходов, направленных на содействие цифровой трансформации отрасли на основе внедрения цифровых двойников. Представленные подходы направлены на решение трех основных проблем: разработку цифровых технологий управления транспортной инфраструктурой, формирование необходимых для этих целей цифровых компетенций и подготовку соответствующих квалифицированных кадров для работы с использованием интеллектуальной транспортной системы.

Ключевые слова: цифровой двойник, интеллектуальная транспортная система, управление транспортной инфраструктурой, цифровая трансформация, цифровые технологии, цифровые компетенции, дефицит кадров.

Abstract

Digital twins of transport infrastructure facilities in combination with digital technologies and control algorithms as part of intelligent transport systems allow saving physical, financial, material and other resources and can be used both at the stage of transport infrastructure design and when performing diagnostic and prognostic analyzes during the operation of transport facilities. The advantages of Digital twins of transport infrastructure are open up significant opportunities for the transport industry to develop new ways of designing, building, operating and monitoring transport infrastructure in connection with the Transport Strategy of Russia until 2030 adopted by the Government of the Russian Federation with a forecast for the period up to 2035.

The purpose of this publication is to explore how Digital twins of transport infrastructure can help the transport industry build and operate modern transport infrastructure and intelligent transport systems (ITS). The paper presents an analysis of the benefits and challenges of managing the transport industry and proposes a number of approaches aimed at promoting the digital transformation of the industry based on the introduction of digital twins. The presented approaches are aimed at solving three main problems: the development of digital technologies for managing transport infrastructure, the formation of digital competencies necessary for these purposes and the training of appropriate qualified personnel to work using ITS.

Keywords: digital twin, intelligent transport system, transport infrastructure management, digital transformation, digital technologies, digital competencies, staff shortage.

1. Введение

С тех пор, как в 2003 г. Майклом Гривзом был введен термин «цифровой двойник» (Grieves and Vickers, 2017) [5], популярность его возросла, и в настоящее время он признан ключевым фактором перехода к Индустрии 4.0.

Цифровые двойники предоставляют возможность собирать и интегрировать данные для улучшения проектирования, строительства, эксплуатации

и обслуживания физических объектов транспортной инфраструктуры, что, в свою очередь, может способствовать устойчивому развитию транспортной индустрии, значительному повышению безопасности, надежности и непрерывности функционирования всех объектов транспортной инфраструктуры. В принятой Правительством РФ Транспортной стратегией России до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [1] (далее — Стратегия) особое вни-

мание уделено внедрению интеллектуальных транспортных систем (далее — ИТС), а также цифровых двойников объектов транспортной инфраструктуры. ИТС представляет собой совокупность технических комплексов и подсистем по обеспечению и контролю безопасности дорожного движения с функцией предоставления необходимой информации для владельцев транспортных средств и других субъектов дорожно-транспортного процесса [12].

2. Методы исследования

Эмпирическую базу исследования составляют данные Росстата, Минэкономразвития России и Минцифры России, Министерства труда и социальной защиты РФ, годовые отчеты транспортных организаций, научные доклады и материалы аналитических отчетов Корпоративного университета Сбербанка и аналитического агентства TAdviser. При подготовке статьи использовались методы синтеза для обобщения материалов, метод систематизации массива данных, методы комплексного и сравнительно-аналитического анализа материалов, полученных из официальных информационных ресурсов, в том числе нормативных правовых актов, практической деятельности транспортных организаций.

3. Результаты

В конце XX в. развитыми странами приобретен обширный опыт разработки и внедрения ИТС. Общепризнанным лидером в этой области стала Япония, где еще с 1973 г. проводились исследования и было начато внедрение интегрированной системы управления автомобильным транспортом. Также к числу самых успешных и технологичных разработчиков ИТС относятся Южная Корея и Сингапур.

В России первые примеры внедрения появились в самом перегруженном транспорте мегаполисе — Москве. По данным Департамента транспорта Правительства Москвы, сегодня в городе работает свыше 40 тыс. светофоров, подключенных к ИТС, более 2 тыс. фото- и видеокамер, 6741 детектор, более 2,7 тыс. телекамер. К ИТС подключены бригады ДПС и ситуационного Центра организации дорожного движения. Парковочные места, количество которых превысило 100 тысяч, также входят в состав ИТС Москвы. Внедрение ИТС позволило почти в 2 раза с 2010 г. снизить смертность на дорогах Москвы (с 6,6 человек до 3,5 человек на 100 тысяч населения). На треть снизилось число ежедневных поездок легковых автомобилей, а доля пассажирского транспорта в будни сократилась на 21%. Одновременно длительность поездки в утренние часы с окраин в центр столицы сократилась на 20%.

Принимая во внимание тот факт, что с 2014 г. число зарегистрированных в Москве автомобилей увеличилось в 1,5 раза, тем не менее благодаря внедрению ИТС средняя скорость транспорта в час пик выросла на 16% [12].

В российских регионах также растет число городов, участвующих в реализации программы по внедрению ИТС. Наиболее яркие примеры внедрения ИТС в российских регионах приведены в табл. 1.

Следует отметить неравномерность внедрения и развития ИТС в регионах России. С 2021 г. начато внедрение ИТС в 24 субъектах, а с 2022 г. число регионов — участников программы вырастет до 42. Упомянутой выше Стратегией заявлены достаточно амбициозные планы по оснащению российских автодорог ИТС — 15% в 2024 г., 80% — к 2035 г. При этом доля крупных российских городов (с население более 200 тыс. чел.), оснащенных системами интеллектуального управления городской дорожной сетью, должна составить 66% в 2024 г., 90% — к 2035 г. [1].

В соответствии с методикой, утвержденной Минтранс России [16], специалистами рассматривается пять уровней *зрелости* ИТС.

0 (Нулевой): отсутствие подсистем ИТС в агломерации или наличие отдельных типов периферийного оборудования, функционально, информационно и технически не связанного между собой.

1 (Начальный): наличие программы комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ), комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД), центра управления дорожным движением (ЦУДД/ЦОДД), центра управления общественным транспортом, подсистемы светофорного управления, подсистемы мониторинга параметров транспортных потоков, подсистемы метеомониторинга, а также интеграционной платформы.

2 (Базовый): дополнительно к первому уровню обеспечивается наличие подсистем диспетчеризации и управления служб содержания дорог, а также видеонаблюдения и детектирования ДТП и ЧС.

Развитие ИТС в России пока не достигло уровней **3 (Зрелый)** и **4 (Продвинутый)**, в связи с чем строгие требования к ним не установлены [10].

Вместе с тем непродолжительный опыт внедрения ИТС на магистралях РФ позволил выделить наиболее перспективные и быстроразвивающиеся подсистемы ИТС (табл. 2).

Рассматривая задачи цифровизации национальной транспортной инфраструктуры в контексте внедрения и развития ИТС, помимо интеллектуального управления городской и региональной дорожной сетью следует отметить актуальность продвижения ИТС на водном, железнодорожном и воздушном транспорте.

Примеры внедрения ИТС в российских регионах [21]

№ п/п	Регион РФ	Реализуемые мероприятия по внедрению ИТС	Год реализации	Размер инвестиций, млн руб.
1	Республика Башкортостан	В Башкирии внедряют умную транспортную систему за 1,1 млрд рублей. На первом этапе программы будут обновлены светофоры — установят 134 умных устройств и специальное программное обеспечение. Кроме того, проект включает установку информационных табло, камер фотовидеофиксации, умных остановок, экологических метеостанций и оцифровку дорожных карт	2022	1 100
2	Москва	Сотрудники ГИБДД в Москве получают доступ ко всем дорожным камерам с рабочего планшета. На разработку соответствующего программного обеспечения столичная мэрия потратит 180 млн рублей	2022	180
3	Республика Татарстан	75,5 млн рублей выделит Татарстан на автоматизированную систему управления дорожным движением. АСУДД (автоматизированная система управления движением на дорогах) планируется поставить в Набережных Челнах и Казани	2022	75,5
4	Свердловская область	На Единую платформу ИТС Правительство Свердловской области потратит 80 млн рублей. Комплекс работ будет содержать базу данных геопространственной информации, фактографической базы данных, библиотек расчётных алгоритмов, пользовательского интерфейса в web	2022	80
5	Курская область	В Курске элементы ИТС появятся как в городе, так и на областных трассах. 106,8 млн руб. в 2022 году направлено в Курскую область из средств федерального бюджета на развитие ИТС	2022	106,8
6	Калужская область	В Обнинске появились первые умные автобусы. Компания МТС обеспечила десять автобусов интеллектуальными приборами и датчиками, которые помогают повысить безопасность и комфорт общественного транспорта: отслеживать скорость движения и местоположение, поведение водителя, кондуктора и пассажиров с помощью видеонаблюдения, оплачивать проезд самостоятельно, бесконтактным способом. В автобусах установлены цифровые дисплеи и экраны, предусмотрено голосовое оповещение пассажиров, в том числе, на людей с ограниченными возможностями	2022	Нет информации
7	Нижегородская область	Группа компаний «Урбантех» сообщила о том, что приступает к первому этапу создания ИТС в Нижегородской городской агломерации, по итогам реализации которого прогнозируется снижение количества ДТП, увеличение пропускной способности дорог, повышение уровня безопасности дорожного движения для автомобилистов и пешеходов, а также рост качества сервиса для пассажиров общественного транспорта	2022	Нет информации
8	Вологодская область	В рамках второго этапа реализации проекта (по формированию в Вологде ИТС компания АО «Росатом Инфраструктурные решения» (РИР, входит в Госкорпорацию «Росатом») и администрация города разработали систему мониторинга общественного транспорта, которая позволит в режиме «онлайн» регулировать транспортные потоки, прогнозировать ситуацию на дороге, а также моделировать работу общественного транспорта в городе	2022	Нет информации
9	Тульская область	Одним из первых регионов, в которых началось внедрение ИТС, стала Тульская область. В течение двух последних лет из федерального бюджета регион уже получил 200 млн руб. В 2022 г. в Тульской области выделят ещё 100 млн руб. на реализацию проекта	2021–2022	300
10	Краснодарский край	260 млн рублей направят на развитие ИТС в Краснодарском крае и Сочи	2021–2023	260
11	Орловская область	80,8 млн рублей потратит администрация Орла на внедрение первого этапа ИТС, обеспечивающей равномерную загрузку транспортной сети на грани её пропускной способности, а также прогнозирование транспортной обстановки	2021	80,8
12	Вологодская область	По 240 млн рублей на создание ИТС получили Череповец и Вологда. Города получили деньги на создание ИТС по федеральной программе «Умный транспорт»	2021	460
13	Тверская область	В Твери запустили первую интеллектуальную систему контроля пешеходных переходов, в составе которой — комплекс фотовидеофиксации, обеспечивающий детекцию случаев непредоставления преимущества в движении пешеходам, с дополнительной функцией светового сопровождения людей, переходящих нерегулируемый пешеходный переход в темное время суток	2020	Нет информации
14	Пензенская область	Компания МТС сообщила о переносе на облачную платформу системы мониторинга всего общественного транспорта Пензы. Облако CloudMTS используется для сбора, обработки и хранения данных, передаваемых от навигационных систем более чем 500 единиц муниципального и частного общественного транспорта.	2021	Нет информации

Составлено авторами.

Необходимость внедрения ИТС на водном транспорте в России обусловлена, в том числе, и значительным ростом грузооборота и мощностей отечественных морских портов (рис. 1, 2). Так, с 2013 по 2019 г. грузооборот морских портов России вырос почти в 3 раза — с 286 до 840,1 млн т. Общий грузовой оборот российских морских портов за 7 месяцев 2022 г. практически не сократился, а в Дальне-

восточных портах наблюдается настоящий логистический бум [6].

Перспективным направлением развития российских морских портов специалисты видят реализацию концепции «умного порта», основанной на применении ряда цифровых технологий — интернет вещей, искусственный интеллект, 3D-печать запасных частей, виртуальная и дополненная реаль-

Таблица 2

**Примеры внедрения ИТС дорожной сети
российских регионов**

Подсистемы ИТС	Описание
Системы управления уличным движением	Системы, повышающие эффективность транспортных сетей, обеспечивающие обмен данными в режиме реального времени, а также синхронизацию светофоров и динамическое распределение уличного пространства
Системы сбора оплаты проезда	Системы, обеспечивающие автоматическое взимание платы за проезд транспортных средств по платным дорогам, шоссе или туннелям, что позволяет экономить время
Управление грузоперевозками	Системы, направленные на оптимизацию грузоперевозок и сбор данных для контроля над эффективностью и состоянием парка
Управление парковочными местами	Системы, использующие данные, полученные в режиме реального времени, для информирования водителей о наличии свободных парковочных мест, обеспечивающие удобное и отлаженное транспортное сообщение
Общественный транспорт	Системы управления общественным транспортом, осуществляющие сбор и анализ данных, корректировку движения в соответствии с потребностями горожан, повышающие общую эффективность

Составлено авторами.

ность, цифровые двойники, технологии ведения распределенных реестров учета и удостоверения прав, дроны и др. [27].

На Восточном экономическом форуме Президент РФ В.В. Путин заявил, что на реализацию программы Севморпути до 2035 г. будет выделено 1,8 трлн руб. [4].

Воздушный транспорт — один из важнейших и динамично растущих сегментов транспортной отрасли РФ, что подтверждается данными диаграммы пассажиропотока крупнейших аэропортов России в 2014–2021 гг. (рис. 3). Общая тенденция, присущая всем воздушным гаваням страны, это динамичный

рост пассажиропотока, получивший временную коррекцию в период пандемии Covid-19 в 2020–2021 гг. Увеличение пассажиропотока с одновременным ростом пропускной способности модернизируемых российских аэропортов также обусловили необходимость разработки и внедрения ИТС на воздушном транспорте. Одним из форматов ИТС европейские аэропорты реализуют концепцию совместного принятия решения A-CDM (Airport Collaborative Decision Making) в целях более эффективного использования существующей наземной инфраструктуры, резервов пропускной способности аэродрома, снижения эксплуатационных расходов авиакомпаний.

Пристальное внимание в сегодняшней ситуации уделяется железнодорожной транспортной системе, особенно в восточном направлении. Так, актуальными в России становятся перевозки через Восточный полигон железных дорог — БАМ и «Транссиб». По заявлению В.В. Путина, объем перевозок в этом направлении будет расти до 40 млн тонн в ближайшие годы.

Основной исследовательский вопрос, на который должна ответить эта статья, заключается в том, как Цифровые двойники объектов транспортной инфраструктуры (далее — ЦДОТИ) могут помочь транспортной отрасли в создании и управлении транспортной инфраструктурой, а также в решении трех наиболее сложных проблем: разработке цифровых технологий управления транспортной инфраструктурой (в цифровой трансформации), формировании необходимых для этих целей цифровых компетенций (в компетентностной трансформации) и подготовке соответствующих квалифицированных кадров для работы с использованием ИТС (в кадровой трансформации).



Рис. 1. Грузооборот морских портов России

Составлено авторами по данным раздела «Статистика».

Динамика количественных показателей грузооборота и мощность морских портов России» сайта Ассоциации морских торговых портов — <https://www.morport.com/rus/content/statistika>).



Рис. 2. Мощность морских портов России

Составлено авторами по данным раздела «Статистика».

Динамика количественных показателей грузооборот и мощность морских портов России» сайта Ассоциации морских торговых портов — <https://www.morport.com/rus/content/statistika>).

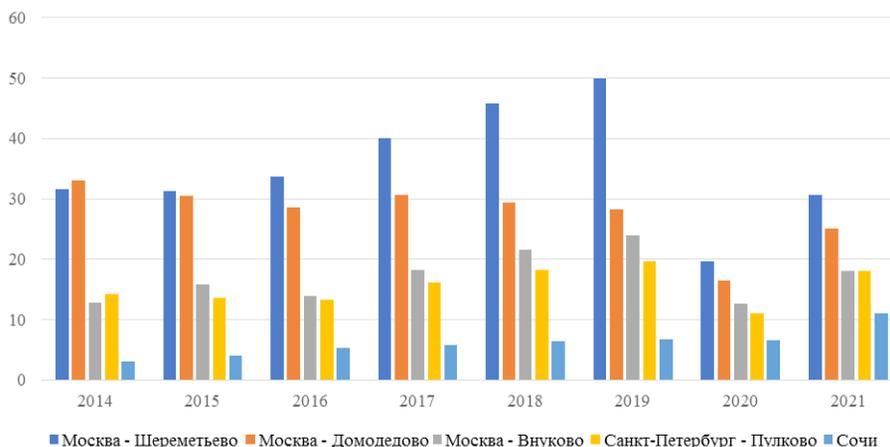


Рис. 3. Пассажиропоток 5 крупнейших аэропортов России в 2014–2021 гг. млн чел.

Составлено авторами.

Технологии создания цифровых двойников (digital twin, DT) применяются в сферах, предусматривающих сложные технические системы, к которым, безусловно, относится и транспортная отрасль. В транспортных системах специалисты выделяют три разновидности цифровых двойников: двойник прототипа (типовой конструкции), двойник экземпляра (физического изделия) и двойник прототипа производственного процесса.

В 2021 г. в России введен в действие Национальный стандарт, определяющий понятие цифрового двойника: «Цифровой двойник изделия; ЦД: Система, состоящая из цифровой модели изделия¹

¹ Цифровая модель изделия: Система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям.

и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями» [18].

Возможности внедрения и использования ЦДОТИ напрямую зависят от цифровой трансформации транспортной индустрии в целом. *Цифровая трансформация* — это существенное изменение стратегии поведения компании, преобразование бизнес-моделей в соответствии с возможностями и угрозами, которые создают информационно-коммуникационные технологии. Цифровая трансформация обуславливает новые требования к компетенциям работников и связывается не только с финансовыми вложениями в основной капитал, но и с инвестициями в дополнительное обучение и развитие актуальных подходов к работе с персоналом.

По прогнозам аналитиков, цифровая трансформация обеспечит рост производительности труда

в транспортной и логистической отраслях на 20% к 2030 г. [11].

Цифровая трансформация проходит неравномерно: уровень цифровой готовности значительно варьирует внутри секторов отрасли. Текущая практика показывает, что транспортные организации работают над улучшением своих цифровых возможностей, собирая большие массивы данных, пробуя отдельные новые цифровые технологии и реализуя некоторые идеи, основанные на цифровых данных. Наибольшая готовность у железнодорожных перевозок, курьерских и почтовых услуг, а наименьшая — у грузоперевозок водным транспортом. Грузовая логистика заметно отстает от пассажирских перевозок по уровню цифровизации.

Реальные преимущества ЦДОТИ станут возможными только тогда, когда транспортные организации полностью завершат цифровую трансформацию и повысят уровень использования цифровых технологий.

Первая оценка «цифровой зрелости» транспортной отрасли была дана в 2020 г. консалтинговой компании Strategy Partners, проведенной по заказу Минцифры России. Она определялась по 7 элементам: бизнес-модель и стратегия, цифровизация взаимодействия с потребителем, цифровизация операций, цифровизация поддерживающих функций, цифровая инфраструктура, цифровые кадры и культура, модель управления цифровой трансформацией. 80% компаний транспортной отрасли России внедряют новые бизнес-модели на основе цифровых технологий. 55% компаний уже приступили к реализации собственных стратегий цифровой трансформации [25].

В числе приоритетных направлений, по которым ведется работа по цифровой трансформации в транспортных организациях, — это использование беспилотников на воде, на земле и в воздухе; анализ больших данных в работе ИТС; биометрическая идентификация, в том числе для отслеживания психофизиологического состояния водителей /машинистов/ летчиков/диспетчеров. Многие ситуации управления на транспорте исключают возможность оперативной реакции человека, поэтому все большее распространение получают элементы интеллектуального управления или ИТС, внедрение которых предусмотрено упомянутой выше Стратегией.

В рамках корпоративных программ ОАО «РЖД», ОАО «Аэрофлот», ГК «Автодор», Яндекс.Такси, «Софттелематика» и других проводятся работы по внедрению цифровой технологии управления с применением геоинформационных систем, космического наблюдения и комплексного пространственного мониторинга [17].

Сложившиеся модели отдельных компаний-лидеров ставят перед транспортной отраслью переход от отдельных бизнес-моделей к формированию цифровых отраслевых экосистем. Ведущие компании должны создавать условия для вывода небольших игроков на единый уровень «цифровой зрелости», поднимать весь сектор — в железнодорожных, морских, авиа- и автоперевозках. Такой подход повысит конкурентные преимущества транспортных компаний на глобальном уровне и ускорит цифровую трансформацию, основанную на реальных запросах бизнеса [24].

В российских реалиях может встречаться некоторая инерция при принятии решений о внедрении, что зачастую происходит с любой новой технологией. «Владельцам или руководству предприятий необходимо убедиться в том, что инвестиции окупятся, что они получают серьезный эффект от внедрения, но всегда можно показать и подтвердить преимущества технологии цифровых двойников на практических кейсах» [14]. Так, например, компания «Уральские локомотивы» достигла 40%-го ускорения запуска деталей «Ласточки» в производство и на 30% ускорила обработку этих деталей непосредственно на производстве.

Важно также учитывать цифровую зрелость предприятия. «Необходимо грамотно оценить стоящие перед предприятием задачи и, что немаловажно, спрогнозировать возникновение новых задач, тем самым подготовить требования к программно-аппаратному комплексу, способному обеспечить создание того или иного цифрового двойника, его функционирование и развитие. Так, например, состав программно-аппаратных средств для создания цифрового двойника пассажирского вокзала для анализа и прогнозирования потока пассажиров, эффективности работы транспортных и логистических систем будет отличаться от программно-аппаратного комплекса, необходимого для создания цифрового двойника локомотива

Сравнительная характеристика цифровой трансформации организаций транспортировки и хранения, основу которой составляют используемые цифровые технологии управления, характеризуются следующими статистическими данными (табл. 3).

Доля организаций, использующих технологии сбора, обработки и анализа больших данных, облачные сервисы, вырос на 1–1,5% в 2021 г. в сравнении с 2020 г. и характеризуют общую тенденцию в организациях всех видов экономической деятельности. Использование геоинформационных систем в организациях транспортировки и хранения в 2020 г. составляет 15,8%, а в 2021 г. — на 0,1% ниже. Аналогичный показатель выше только в финансовом сек-

Таблица 3

**Использование цифровых технологий
в организациях по виду экономической деятельности
«Транспортировка и хранение»
(в % от общего числа организаций) [9]**

Использование цифровых технологий в организациях	Облачные сервисы		Технологии сбора, обработки и анализа больших данных		Цифровые платформы		Центры обработки данных	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Всего (по всем ВЭД)	25,7	27,1	22,4	25,8	17,2	14,7	13,6	14,0
Транспортировка и хранение	20,1	21,2	21,0	23,5	14,8	12,7	10,1	12,1
	Геоинформационные системы		RFID-технологии*		Технологии искусственного интеллекта		«Цифровой двойник»	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Всего (по всем ВЭД)	13,0	12,6	10,8	11,8	5,4	5,7	1,1	1,4
Транспортировка и хранение	15,8	15,7	12,1	13,4	12,1	13,4	0,9	1,4

Составлено авторами по данным Росстата.

* RFID-технологии — метод автоматической идентификации через радиосигнал.

торе — 26%, ввиду специфики деятельности, но ниже итоговых значений в организациях по всем видам экономической деятельности — 13,0% в 2020 г. и 12,6% в 2021 г. Что касается использования технологии «цифровой двойник», то организации транспортировки и хранения не являются здесь лидерами: доля этих организаций составляла в 2020 г. — 0,9%; в 2021 г. — 1,4%, что примерно соответствует показателям организаций по всем видам экономической деятельности. Эта технология в большей степени востребована в организациях высшего образования: в 2020 г. — 4,9 %, а в 2021 г. — 5,6%. Технологии искусственного интеллекта использовались в 2020 г. в 3,7% организациях транспортировки и хранения, в 2021 г. — 4,4%, что значительно ниже использования этой технологии в организациях финансового сектора — 22,8% в 2020 г.; в 2021 г. — 13,0% [9]. Снижение доли организаций финансового сектора, использующих искусственный интеллект, по всей видимости, связано с несовершенством данной технологии, значительными затратами их внедрения, а также недостаточным уровнем цифровых компетенций у персонала.

Технологии цифрового транспорта, цифровой логистики, цифровой коммуникации, понимание их ценности, которую они могут принести транспортной отрасли, требуют от работников овладения этими технологиями. Следовательно, одной из важнейшей задачей транспортной отрасли является цифровая

грамотность работников для управления интеллектуальной транспортной инфраструктурой.

Цифровая грамотность (digital fluency) определяется набором знаний и умений, которые необходимы для безопасного и эффективного использования цифровых технологий и ресурсов Интернета. В основе цифровой грамотности лежат цифровые компетенции (digital competencies), то есть способность решать разнообразные задачи в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ): использовать и создавать контент при помощи цифровых технологий, включая поиск и обмен информацией, ответы на вопросы, взаимодействие с другими людьми и компьютерное программирование.

Цифровая грамотность включает личностные, технические и интеллектуальные навыки, которые необходимы для того, чтобы жить и работать в цифровом мире. Цифровые навыки (digital skills) — это устоявшиеся, доведенные до автоматизма модели поведения, основанные на знаниях и умениях в области использования цифровых устройств, коммуникационных приложений и сетей для доступа к информации и управления ими. Цифровые навыки позволяют создавать и обмениваться цифровым контентом, коммуницировать и решать проблемы для эффективной и творческой самореализации в обучении, работе и социальной деятельности в целом [20].

Конкретные требования к цифровой грамотности населения и компетенциям работников определяются показателями федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» национального проекта «Цифровая экономика», профессиональными стандартами, а также уровнем цифровизации бизнес-процессов конкретных транспортных организаций. Работники широкого спектра профессий для использования ИКТ в повседневной работе должны обладать общими навыками: уметь пользоваться информацией в Интернете и использовать программное обеспечение для решения текущих задач. Среди специальных (профессиональных) цифровых компетенций можно отметить самостоятельное написание программ, настройку конфигурации операционных систем и программного обеспечения.

Проведенный анализ требований к знаниям и умениям для должностей и профессий транспортной отрасли в утвержденных профессиональных стандартах показал, что наличие цифровых навыков для большинства из них не обязательно. В табл. 4 выборочно приведены должности, необходимые умения которых обуславливают требования к цифровым компетенциям.

Приведенные характеристики необходимых умений в трудовых функциях с использованием цифровых компетенций показывают, что профессиональ-

Таблица 4

Необходимые умения в части ИКТ в транспортных организациях

Номер профстандарта	Дата утверждения	Необходимые умения
Профстандарт: 17.021 Работник по расшифровке параметров движения железнодорожного подвижного состава	Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 23 января 2019 года № 35н	Пользоваться специализированными компьютерными программами расшифровки параметров движения локомотивов, моторвагонного подвижного состава, специального самоходного подвижного состава и съемных подвижных единиц на комбинированном ходу, установленными на рабочем месте
Профстандарт: 17.048 Руководитель железнодорожного вокзала, вокзального комплекса	Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 22 сентября 2020 года № 641н	Пользоваться средствами радио- и телефонной связи, информационно-телекоммуникационной сетью «Интернет» на территории железнодорожного вокзального комплекса внеклассного (1-го класса) Пользоваться автоматизированными инженерными системами железнодорожного вокзального комплекса внеклассного (1-го класса): видеонаблюдения, информирования пассажиров, противопожарной системой Пользоваться автоматизированной системой документооборота железнодорожного вокзального комплекса внеклассного (1-го класса)
Профстандарт 17.129 Пилот пилотируемого воздушного судна коммерческих воздушных перевозок гражданской авиации	Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 13.07.2022 № 414н	Управлять воздушным судном в пределах ограничений его летно-технических характеристик, включая управление автопилотом , работающим в режиме, соответствующем этапу полета, схемы полета или маневра в соответствии с установленными критериями
Профстандарт 40.049 Специалист по логистике на транспорте (с изменениями на 12 декабря 2016 года)	Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 8 сентября 2014 года № 616н	Отправлять и принимать разнообразные документы по электронной и обычной почте Работать в различных корпоративных информационных системах
Профстандарт 1196 Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих одно или несколько беспилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее	Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 5 июля 2018 г. № 447н	Использовать специальное программное обеспечение для составления программы полета и ввода ее в бортовой навигационный комплекс (автопилот) беспилотного воздушного судна

Составлено авторами.

ные стандарты в ряде случаев не соответствуют цифровой зрелости процессов в транспортной сфере, а также не отражают тенденцию появления новых профессий, таких как «оператор беспилотных транспортных систем», «инженер систем искусственного интеллекта и машинного зрения», «дизайнер цифровых коммерческих сервисов», «специалист по модернизации транспортной системы» и др. Следовательно, организациям транспортной отрасли необходимо разрабатывать корпоративные профессиональные требования с учетом фактической цифровой трансформации.

Являясь драйвером роста цифровой экономики, транспортная отрасль остро нуждается в квалифицированных кадрах, обладающих цифровыми компетенциями, поскольку активно развиваются пассажирские сервисы и электронная обработка документов. По итогам работы в 2021 г. в РЖД более 120 тыс. пользователей работают с различными автоматизированными системами управления железнодорожным транспортом, до 90% грузоперевозок и до 68% билетов на поезда дальнего следования оформляются в электронном виде. Свыше 12 млн документов оцифровано, сократилось количество офлайн-совещаний, значительная часть рабочих совещаний переведена в формат видеоконференций [19].

В ОАО «РЖД» создана Единая корпоративная автоматизированная система управления трудовыми ресурсами (ЕК АСУТР) на базе SAP. Система обеспечивает учет рабочего времени, расчет заработной платы, позволяет вести штатное расписание, автоматизируются процессы менеджмента, охраны и нормирования труда, сводной кадровой отчетности, взаимодействия с другими системами холдинга, подбора и расстановки руководящих кадров, формирования кадрового резерва [3].

Компетентностная трансформация при использовании ИТС на основе ЦДОТИ является двусторонним процессом, который не только повышает уровень овладения цифровыми компетенциями, но и меняет профессиональную культуру работников транспортной отрасли в понимании и принятии ими целей цифровой трансформации. Без цифровых технологий и инструментов невозможно достичь главную цель цифровой трансформации — повышение эффективности деятельности транспортных организаций.

Таким образом, транспортные организации в управлении цифровой трансформацией отрасли добились наибольшего прогресса в цифровизации взаимодействия с потребителями и в цифровизации операционной деятельности. Сдерживающими факторами цифровизации транспорта являются

поддерживающие основную деятельность функции, в частности, недостаточный уровень цифровизации управления человеческими ресурсами и освоения цифровых компетенций персонала. Это обуславливает необходимость значительных инвестиций в профессиональную переподготовку работников транспортных организаций.

В транспортной отрасли, как и в других производственных отраслях экономики РФ, наблюдается дефицит кадров, особенно квалифицированных работников, что может быть одной из причин барьеров разработки и внедрением ИТС. Так, анализ статистических данных движения работников в организациях транспорта за период с 2015 по 2019 г. иллюстрирует превышение показателей выбытия работников в процентах от среднесписочной численности работников над приемом в течение года (рис. 4).

По результатам выборочного обследования организаций по состоянию на 31 октября 2020 г. потребность организаций в работниках для замещения вакантных рабочих мест по виду экономической деятельности «Транспортировка и хранение» составила 4,7% от общего количества рабочих мест, характеризуя сохранения дефицита кадров в транспортной сфере [13]. Данная ситуация усугубляется демографическими проблемами снижения численности молодежи в составе трудовых ресурсов. Так, в 2021 г. численность молодежи в возрасте 15–29 лет сократилась на 847 тыс. чел. по сравнению с 2020 г.; в 2019 г. аналогичный показатель в сравнении с 2018 г. составил 989 тыс. чел. [7]. Следовательно, экономика страны в целом, транспортная сфера в частности не смогут покрыть дефицит трудовых ресурсов без привлечения иностранной рабочей силы.

Другим негативным фактором, усугубляющим дефицит кадров транспортной отрасли, является снижение выпуска специалистов с высшим обра-

зованием (бакалавры, специалисты, магистры) по специальностям и направлениям подготовки эксплуатации транспорта в государственных образовательных учреждениях. Так, выпуск специалистов в 2019 г. сократился на 7% — с 31 275 чел. в 2017 г. до 29 270 чел. в 2019 г. Вместе с тем выпуск специалистов среднего звена по специальностям эксплуатации транспорта в государственных образовательных учреждениях увеличился на 7,3% — с 42 369 чел. в 2017 г. до 45 484 чел. в 2019 г. Выпуск квалифицированных рабочих по профессиям транспорта за аналогичный период сократился с 38, 2 тыс. чел. до 33,7 тыс. чел. [23].

Таким образом, растущий дефицит кадров, усугубляемый старением рабочей силы и ограниченный предложением молодежи, прошедшей соответствующую подготовку, сохранится или даже ухудшится. Формирование кадровой политики для компетентностной трансформации — это основа инновационного развития транспортной системы РФ, которая позволит решать задачи использования цифровых технологий, в частности, цифровых двойников в управлении транспортной инфраструктурой.

В 2021 г. была разработана Концепция подготовки кадров для транспортной отрасли до 2035 г. В числе приоритетных направлений Концепции определены системная модернизация профильного образования; цифровизация учебных процессов; формирование среды притяжения и развития лидеров изменений отрасли; укрепление материальной базы [2].

Примером решения задач цифровой и кадровой трансформации является ОАО «РЖД». Так, в структуре ОАО «РЖД» представлены ИТ-компании, которые специализируются на отдельных направлениях цифровизации: ООО «ОЦРВ» (автоматизированные системы управления предприятиями, их сопровождение и обслуживание), ООО «РЖД-Технологии» (продукты и сервисы для цифровой трансформации,

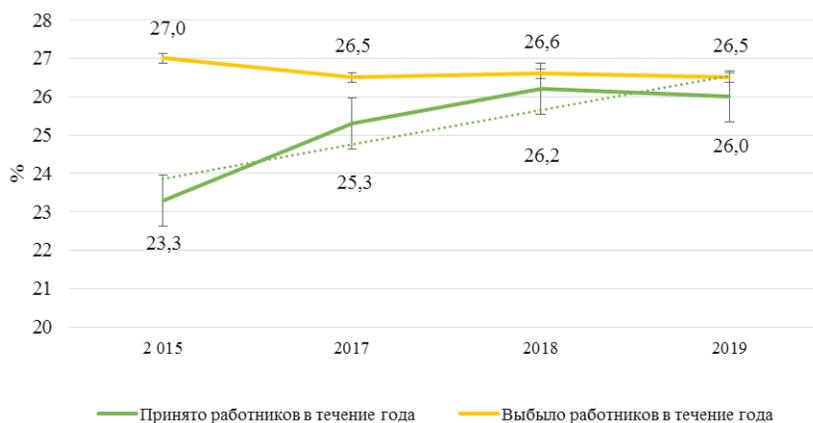


Рис. 4. Прием и выбытие работников в течение года, в % от среднесписочной численности работников в организациях транспорта [23]

Составлено авторами.

программные роботы), ООО «РЖДТехСервис» (техническая поддержка и обслуживание ПО и ИТ-инфраструктуры), АО «НИИАС» (интеллектуальные системы управления, системы обеспечения безопасности движения и др.) [15].

В 2020 г. численность занятых в транспортной отрасли ИКТ-специалистов достигла 70,6 тыс., включая 43,1 тыс. ИТ специалистов, что составляет 1,1 и 0,7% занятых соответственно в отрасли. Эти цифры почти в 2 раза ниже значения по другим отраслям — потребителям цифровых технологий. Вклад транспорта и логистики в общий спрос на ИКТ-специалистов в экономике составляет 4%, что сопоставимо с уровнем финансового сектора и сферы государственного управления. По ИТ-специалистам этот показатель 3,3% выше, чем, например, в строительстве и топливно-энергетическом комплексе [26].

Реализация корпоративных программ обучения на базе создаваемых центров цифровых компетенций является современным направлением профессиональной переподготовки и повышения квалификации персонала. Перспективным направлением в системе корпоративного обучения является система управления обучением LMS (learning management system), позволяющая сформировать общую для организации базу учебных программ и электронных образовательных курсов [22]. Обучение в электронной среде и овладение цифровыми технологиями позволяют преодолеть разрыв в цифровых компетенциях, формирует у персонала принципы системного мышления и интеграции, моделирования и анализа цифровых данных. Учебные курсы по использованию искусственного интеллекта и применения информационных технологий важны для фундаментального понимания Стратегии транспортных организаций и реализации технологии ЦДОТИ. В связи с этим сотрудничество транспортных организаций с учебными заведениями для повышения квалификации работников посредством программ дополнительного профессионального образования и предоставления возможностей непрерывного обучения не только улучшит профессиональные навыки нынешней рабочей силы и повысит производительность и качество, но и увеличит привлекательность транспортной отрасли и подготовит ее к цифровой трансформации.

В 2019 г. ОАО «РЖД» на базе Российского университета транспорта (МИИТ) начали разрабатывать собственный тренажер виртуальной реальности для обучения по охране труда электромонтеров контактной сети с использованием цифровых двойников.

В 2021 г. активно развивался Карьерный портал РЖД, на который обратились более 126 тыс. человек.

Примерно 65% студентов, которые обращаются к ресурсам этого портала, получают возможность пройти производственную практику в подразделениях компании или участвуют в других мероприятиях студентов, предлагаемых ОАО «РЖД».

В РЖД работают почти 700 тыс. сотрудников, а вместе с дочерними обществами — около 1 млн человек. В тесном взаимодействии с коллегами из кадрового блока и блока информационных технологий определено несколько групп: высшее руководство, руководство стратегического и тактического уровня, работники холдинга, для которых будут продолжены программы по повышению базового уровня цифровой грамотности, в том числе в области информационной безопасности. И наконец, четвертая группа — это будущие работники компании, школьники и студенты. Для каждой группы используется свой подход. Так, для высшего руководства особый акцент сделан на цифровом лидерстве и развитии цифрового мышления, для руководителей среднего уровня программы сосредоточены на реализации конкретных платформ и комплексных проектов цифровой трансформации, на современных методологиях проектного управления и командной работы. Среди них — курсы об особенностях внедрения таких технологий, как искусственный интеллект, сервисы по работе с клиентами, BIM-проектирование (Building information modeling) [8].

Совместно с Корпоративным университетом РЖД, Департаментом управления персоналом и Департаментом информатизации составлены обучающие программы по развитию навыков работы с современными цифровыми технологиями, освоению приемов управления проектами. В 2021 г. в Корпоративном университете были проведены 42 очных мероприятия по цифровой трансформации с участием более 580 человек. В удаленном формате закрепление цифровых навыков в системе дистанционного обучения обеспечено у более 30 тыс. железнодорожников [8].

В 2021 г. активно проводилась работа по развитию базовой цифровой грамотности сотрудников ОАО «РЖД». Разработана модель базовых цифровых навыков, которая согласована с Консорциумом по развитию цифровой грамотности и компетенций цифровой экономики РФ. В рамках образовательного марафона «Знания.Live» прошел первый цифровой диктант, который позволил оценить уровень цифровой грамотности участников. В 2022 г. планируется тиражировать модель на всю компанию и провести тотальный Цифровой диктант РЖД, по итогам которого будут даны рекомендации по развитию.

В ОАО РЖД создано сообщество лидеров цифровой трансформации, основная задача которых —

продвижение цифровой культуры в подразделениях компании и подготовка инициатив по внедрению цифровых технологий в производственные процессы РЖД. В это движение вовлечены более 400 железнодорожников [19].

На 2022 г. определено шесть приоритетных направлений цифровой трансформации компании РЖД.

Первое направление — реализация сквозного процесса управления жизненным циклом инвестиционных проектов: от подготовки обоснования инвестиций, проектирования, строительства до эксплуатации и утилизации. Это автоматизированный учет данных о ходе выполнения работ на объектах строительства, цифровизация процессов мониторинга и контроля за ходом строительства.

Второе направление — переход к продвинутому комплексному моделированию с оценкой каждого решения с экономической точки зрения. Разработки по этому направлению позволят готовить экономические сценарии для инвестпроектов ОАО «РЖД» в интерактивном и наглядном виде.

Третье направление связано с внедрением искусственного интеллекта. Сейчас эти технологии — это помощь железнодорожникам. Например, в Челябинске на сортировочной горке уже внедрена система помощи диспетчеру, который собирает и распускает составы. С помощью этой системы без инвестиций в инфраструктуру удалось повысить эффективность работы сортировочной горки на 15%.

Работа по **четвертому направлению** позволит повысить эффективность взаимодействия перевозчика с грузовладельцами из сегмента малого и среднего бизнеса.

Пятое направление — развитие сервисов для пассажиров. Это направление важно, потому что пассажиры для ОАО «РЖД» самый массовый клиент, их количество можно сравнить только с количеством клиентов торговых сетей и фастфуда. Ожидается, что будет запущен полноценный «туристический конструктор», который позволит вместе с железнодорожным билетом покупать экскурсии и бронировать номера в гостиницах.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года № 3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года».
2. Распоряжение Правительства РФ от 6 февраля 2021 г. № 255-р «Об утверждении Концепции подготовки кадров для транспортного комплекса до 2035 года».
3. *Бабынина Л.С.* Роль цифровых технологий в развитии компании и управлении персоналом. Цифровая трансформация в экономике транспортного комплекса: мате-

Шестой приоритет — импортозамещение и переход на использование отечественного программного обеспечения.

Следует внимательно изучить вопросы конкурентоспособности транспортной отрасли в плане привлечения талантливой и квалифицированной рабочей силы, которую в настоящее время довольно трудно привлечь и удержать в транспортной отрасли, так как талантливая рабочая сила во многих случаях выбирает более высокие зарплаты в других отраслях. Эту проблему можно решить, только предложив более привлекательные условия на рынке труда и всевозможные социальные льготы.

4. Обсуждение и заключение

Целью данной публикации был анализ условий использования ЦДОТИ в транспортной отрасли, а также выработка подходов для реализации ИТС в целом. Материалы этой статьи показали, что внедрение цифровых двойников в транспортной отрасли пока находится в зачаточном состоянии, так как большинство компаний только начинают процесс цифровой трансформации и в основном делают выбор в пользу решений, оптимизирующих рутинную работу: внедрение системы электронного документооборота, управление проектами и др. Для большинства компаний ЦДОТИ — непонятное и достаточно сложное дорогостоящее решение. Тем не менее эксперты прогнозируют, что в среднесрочной перспективе эта технология еще проявит свои преимущества перед устаревающими подходами к построению бизнес-процессов.

В то время как реальное применение ЦДОТИ еще предстоит увидеть в будущем, лидеры транспортной отрасли осознают общие преимущества и проблемы использования ИТС, чтобы вывести отрасль на новый уровень. Дополнительные исследования по проектированию и разработке цифровых двойников принесут пользу транспортной отрасли, поскольку обеспечат выработку общих подходов, позволяющих не только преодолеть сложности разработки и эксплуатации ЦДОТИ, но и помогут транспортной отрасли трансформироваться.

References

1. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 27 noyabrya 2021 goda № 3363-r «Ob utverzhdenii Transportnoy strategii Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda».
2. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 6 fevralya 2021 g. № 255-r «Ob utverzhdenii Kontseptsii podgotovki kadrov dlya transportnogo kompleksa do 2035 goda».
3. *Babynina L.S.* Rol' tsifrovyykh tekhnologiy v razvitii kompanii i upravlenii personalom. Tsifrovaya transformatsiya v ekonomike transportnogo kompleksa: materialy mezhdunarod-

- риалы международной научно-практической конференции / Под ред. Ю.И. Соколова, Г.В. Бубновой, Л.А. Каргиной, И.А. Епишкина. М.: РУТ (МИИТ), 2019. С. 45.
4. Выступление Владимира Путина на пленарной сессии ВЭФ. URL: <https://ria.ru/20220907/putin-1815013019.html> (дата обращения 07.09.2022).
 5. Grieves M., Vickers J. 2017. Digital Twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems* (Issue August). Springer International Publishing; p. 85–113.
 6. Годовой отчет о деятельности Федерального государственного унитарного предприятия «Росморпорт». URL: <https://www.rosmorport.ru/about/disclosure/report/presentation/strategicheskij-otchet/index.html> (дата обращения 12.09.2022).
 7. Демография. Распределение численности населения по возрастным группам. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения 26.09.2022).
 8. Железнодорожники осваивают цифровую грамотность. URL: <https://gudok.ru/content/blits/1596909> (дата обращения 24.09.2022).
 9. Индикаторы цифровой экономики: 2022: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, С.А. Васильковский, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др. М.: НИУ ВШЭ, 2023. С. 219–221.
 10. Интеллектуальная транспортная инфраструктура (ИТС) в России. URL : <https://www.tadviser.ru/> (дата обращения 18.09.2022).
 11. Интеллектуальная транспортная система России: курс — на национальный масштаб. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php2022/04/01> (дата обращения 24.09.2022).
 12. Интеллектуальные транспортные системы: влияние на безопасность и роль в «Умном городе». URL: <https://trasscom.ru/blog/intellektualnye-transportnye-sistemy/> (дата обращения 18.08.2022).
 13. Информационно-аналитический материал «О численности и потребности организаций в работниках по профессиональным группам на 31 октября 2020 г.». URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/trud-2020.htm> (дата обращения 25.09.2022).
 14. Информационное агентство «РЖД-Партнер.RU». Гляжу в DT, как в зеркало. URL: <https://www.rzd-partner.ru/publications/rzd-partner/-11-12-june-2021/glyazhu-v-dt-kak-v-zerkalo/> (дата обращения 17.08.2022).
 15. Информационные технологии в РЖД. 25.11.2021. URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения 10.08.2022).
 16. Методические рекомендации (Методика) по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем). Утверждены Распоряжением Минтранса России от 21.03.2022 № АК- 4-Р.
 17. Минэкономразвития и Минцифры обсудили план внедрения ИИ в сельском хозяйстве и транспортной отрасли. URL: <https://digital.gov.ru/ru/events/42057/> (дата обращения 17.09.2022).
 18. Национальный стандарт (ГОСТ Р 57700.37–2021) «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий»
 19. Немонетарные драйверы. URL : <http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1598916> (дата обращения 18.09.2022).
 20. Обучение цифровым навыкам: глобальные вызовы и передовые практики. Аналитический отчет. М.: АНО ДПО «Корпоративный университет Сбербанка», 2018, с.10.
 21. Развитие ИТС в стране: новости из Воронежа, Екатеринбурга, Иркутска, Махачкалы и Крыма. Режим доступа: <https://tr.ru/news/4383-razvitie-its-v-strane-novosti-iz-voronezha-ekaterinburga-irkutska-mahachkaly-i-kryma> (дата обращения 20.09.2022).
 22. Российское управление. В 2-х ч. Ч.2 Функциональный менеджмент и его особенности: учебник / колл. авторов. Москва: Русайнс, 2020, с. 27–28.
 - noy nauchno-prakticheskoy konferentsii / pod red. Sokolova Yu.I., Bubnovoy G.V., Karginoy L.A., Epishkina I.A. — M.: RUT (MIIT), 2019, s. 45.
 4. Vystuplenie Vladimira Putina na plenarnoy sessii VEF. Rezhim dostupa: <https://ria.ru/20220907/putin-1815013019.html> (data obrashcheniya 07.09.2022).
 5. Grieves M., Vickers J. 2017. Digital Twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems* (Issue August). Springer International Publishing; p. 85–113.
 6. Godovoy otchet o deyatelnosti Federal'nogo gosudarstvennogo unitarnogo predpriyatiya «Rosmorport». Rezhim dostupa: <https://www.rosmorport.ru/about/disclosure/report/presentation/strategicheskij-otchet/index.html> (data obrashcheniya 12.09.2022).
 7. Demografiya. Raspredelenie chislenosti naseleniya po vozrastnym gruppam. Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (data obrashcheniya 26.09.2022).
 8. Zheleznodorozhniki osvaivayut tsifrovuyu gramotnost' Rezhim dostupa: <https://gudok.ru/content/blits/1596909> (data obrashcheniya 24.09.2022).
 9. Indikatory tsifrovoy ekonomiki: 2022: statisticheskiy sbornik / G.I. Abdrakhmanova, S.A. Vasil'kovskiy, K.O. Vishnevskiy, L.M. Gokhberg i dr. M.: NIU VShE, 2023, s. 219–221.
 10. Intellektual'naya transportnaya infrastruktura (ITS) v Rossii. Rezhim dostupa: <https://www.tadviser.ru/> (data obrashcheniya 18.09.2022).
 11. Intellektual'naya transportnaya sistema Rossii: kurs — na natsional'nyy masshtab. Rezhim dostupa: <https://www.tadviser.ru/index.php2022/04/01> (data obrashcheniya 24.09.2022).
 12. Intellektual'nye transportnye sistemy: vliyaniye na bezopasnost' i rol' v «Umnom gorode». Rezhim dostupa: <https://trasscom.ru/blog/intellektualnye-transportnye-sistemy/> (data obrashcheniya 18.08.2022).
 13. Informatsionno-analiticheskiy material «O chislenosti i potrebnosti organizatsiy v rabotnikakh po professional'nym gruppam na 31 oktyabrya 2020 g.» Rezhim dostupa: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/trud-2020.htm> (data obrashcheniya 25.09.2022).
 14. Informatsionnoye agentstvo «RZhD-Partner.RU». Glyazhu v DT, kak v zerkalo. Rezhim dostupa: <https://www.rzd-partner.ru/publications/rzd-partner/-11-12-june-2021/glyazhu-v-dt-kak-v-zerkalo/> (data obrashcheniya 17.08.2022).
 15. Informatsionnye tekhnologii v RZhD. 25.11.2021 Rezhim dostupa: <https://www.tadviser.ru> (data obrashcheniya 10.08.2022).
 16. Metodicheskie rekomendatsii (Metodika) po razrabotke zayavok (vkluyaya lokal'nye proekty po sozdaniyu i modernizatsii intellektual'nykh transportnykh sistem). Utverzhdeny Rasporyazheniem Mintransa Rossii ot 21.03.2022 № AK- 4-R.
 17. Minekonomrazvitiya i Mintsifry obsudili plan vnedreniya II v sel'skom khozyaystve i transportnoy otrasli Rezhim dostupa: <https://digital.gov.ru/ru/events/42057/> (data obrashcheniya 17.09.2022).
 18. Natsional'nyy standart (GOST R 57700.37–2021) «Komp'yuternye modeli i modelirovaniye. Tsifrovyye dvoyniki izdeliy»
 19. Nemonetarnyye drayvery. Rezhim dostupa: <http://www.pult.gudok.ru/archive/detail.php?ID=1598916> (data obrashcheniya 18.09.2022).
 20. Obuchenie tsifrovym navykam: global'nye vyzovy i perezodovyye praktiki. Analiticheskiy otchet. — M.: ANO DPO «Korporativnyy universitet Sberbanka», 2018, s.10.
 21. Razvitie ITS v strane: novosti iz Voronezha, Ekaterinburga, Irkutskaya, Makhachkaly i Kryma. Rezhim dostupa: <https://tr.ru/news/4383-razvitie-its-v-strane-novosti-iz-voronezha-ekaterinburga-irkutska-mahachkaly-i-kryma> (data obrashcheniya 20.09.2022).
 22. Rossiyskoye upravleniye. V 2-kh ch. Ch.2 Funktsional'nyy menedzhment i ego osobennosti: uchebnyk / koll. avtorov. Moskva: Rusayns, 2020, s. 27–28.

23. Транспорт в России. 2020: Стат.сб./Росстат. — М., 2020, с. 12.
24. Транспортная отрасль получила первую оценку «цифровой зрелости» Режим доступа: <https://roscongress.org/news/transportnaja-otrasl-poluchila-pervuju-otsenku-tsifrovoy-zrelosti/> (дата обращения 10.09.2022).
25. Цифровая трансформация транспорта и логистика: готовность российских компаний. Режим доступа: <https://digitalbusinessmodel.ru/page15562836.html> (дата обращения 10.09.2022).
26. Цифровая трансформация: ожидания и реальность. Доклад НИУ ВШЭ. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2022, с. 101.
27. Цифровизация морских портов. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/85857/> (дата обращения 22.08.2022).
23. Transport v Rossii. 2020: Stat.sb./Rosstat. — M., 2020, s. 12.
24. Transportnaya otrasl' poluchila pervuyu otsenku «tsifrovoy zrelosti» Rezhim dostupa: <https://roscongress.org/news/transportnaja-otrasl-poluchila-pervuju-otsenku-tsifrovoy-zrelosti/> (data obrashcheniya 10.09.2022).
25. Tsifrovaya transformatsiya transporta i logistika: gotovnost' rossiyskikh kompaniy. Rezhim dostupa: <https://digitalbusinessmodel.ru/page15562836.html> (data obrashcheniya 10.09.2022).
26. Tsifrovaya transformatsiya: ozhidaniya i real'nost'. Doklad NIU VShE. M.: Izd. dom Vysshey shkoly ekonomiki, 2022, s. 101.
27. Tsifrovizatsiya morskikh portov. [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupa: <http://www.morvesti.ru/analitika/1688/85857/> (data obrashcheniya 22.08.2022).