
Научная статья

УДК 338

DOI 10.18101/2304-4446-2024-4-106-115

РОБОТИЗАЦИЯ КАК ВЕКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

© Никонова Яна Игоревна

кандидат экономических наук, доцент

ya_shka@list.ru

© Тюнокова Елена Владимировна

доктор экономических наук, профессор

tunev@sgups.stu.ru

Сибирский государственный университет путей сообщения

Россия, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191

Аннотация. В настоящее время роботизация является одним из современных инструментов цифровой трансформации железнодорожной отрасли. В статье обоснована актуальность исследования данного вопроса, обусловленная необходимостью глубокой модернизации национальной железнодорожной отрасли, сопровождающейся внедрением роботов и робототехнических комплексов.

В статье раскрываются характер и механизмы влияния роботизации на развитие железнодорожной отрасли Российской Федерации. Целью исследования является выявление наиболее существенных проявлений влияния роботизации на железнодорожные предприятия, тенденции и характер такого влияния.

В результате исследования обобщены существующие взгляды на специфику и направленность влияния роботизации на железнодорожную отрасль в России. В ходе исследования было установлено, что потребность железнодорожной отрасли в роботизации является значительной. Внедрение роботов и робототехнических комплексов в железнодорожную сферу приносит заметный экономический эффект. Экономия достигается за счет сокращения издержек, повышения контроля и управляемости системы. В мировой и отечественной практике уже существует опыт применения роботов и робототехнических комплексов в железнодорожной отрасли, таких как внедрение дистанционного управления, автоматизации, интегрированных технологий и интеллектуальных систем управления.

Ключевые слова: роботизация, внедрение роботов и робототехнических комплексов, железнодорожная отрасль, автоматизация, дистанционное управление.

Для цитирования

Никонова Я. И., Тюнокова Е. В. Роботизация как вектор инновационного развития железнодорожной отрасли // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2024. № 4. С. 106–115.

Введение. Роботы постоянно трансформируют железнодорожную отрасль во всем мире и тем самым вызывают изменения в различных экономических и социальных процессах, связанных с ней. Исследования о воздействии роботов на экономику и общество берут начало с двух ключевых работ, которые заложили методологическую основу для дальнейших плодотворных исследований

Acemoglu/Restrepo [1] и Graetz/Michaels [6]. В первой статье основное внимание уделяется влиянию роботизации на рынок труда, во второй исследуется влияние на производительность, изменение которой вызвано более широким внедрением роботов. После публикации этих статей роботизация и ее экономические и социальные последствия стали быстро развивающейся областью исследований.

Большая часть исследований посвящена влиянию роботизации на занятость, заработную плату и квалификационный состав рабочей силы, например, Dauth et al. [5]. Другое направление исследований предполагает детальное изучение факторов, определяющих процесс роботизации (например, расходы на рабочую силу или основные характеристики предприятия), а также временные и географические закономерности внедрения роботов и их влияние на организацию производства в контексте переориентации на другие виды деятельности, например, Jung/Lim [9]. Влияние роботизации на производительность и экономический рост является третьим важным направлением исследований, которое, в частности, можно найти в работе Bekhtiar et al. [3]. Еще одно направление исследований изучает взаимосвязь внедрения роботов и демографической ситуации (например, Acemoglu/Restrepo [2]), здравоохранения (например, Gunadi/Ryu [7]) и политическими отношениями (например, Caselli et al. [4]).

Большинство результатов этих исследований основано на статистических практических данных о промышленных роботах, которые были собраны и опубликованы Международной федерацией роботов (IFR) [8]. Эти данные собираются у производителей промышленных роботов по всему миру и доступны для анализа по странам, отраслям и областям применения.

Методология. В ходе проведения научного исследования использовались общепринятые методы познания, такие как систематизация, статистический метод, сравнительный метод. Оценивается уровень внедрения роботов и робототехнических комплексов в железнодорожную отрасль Российской Федерации.

Результаты исследования. Мировое сообщество наблюдает небывалый рост в использовании промышленных роботов, что подтверждается новыми данными. В настоящее время общий запас промышленных роботов достиг примерно 3,9 млн единиц, что является новым рекордом [8]. Этот стремительный рост подчеркивает значимость и востребованность автоматизации в различных отраслях промышленности.

В 2022 г. несколько стран выделились особенно высокой плотностью использования промышленных роботов. Согласно отчету World Robotics 2023 Республика Корея заняла лидирующую позицию с впечатляющими 1012 роботами на каждые 10 000 сотрудников [8]. Это свидетельствует о высоком уровне технологической интеграции в производственные процессы страны.

Сингапур и Германия также продемонстрировали значительные показатели. В Сингапуре на каждые 10 000 сотрудников приходится 730 роботов, что подтверждает его стремление к инновациям и модернизации производственных мощностей. Германия, в свою очередь, заняла третье место с плотностью 415 роботов на 10 000 сотрудников, подчеркивая свою репутацию одного из ведущих промышленных центров мира [8] (рис. 1).

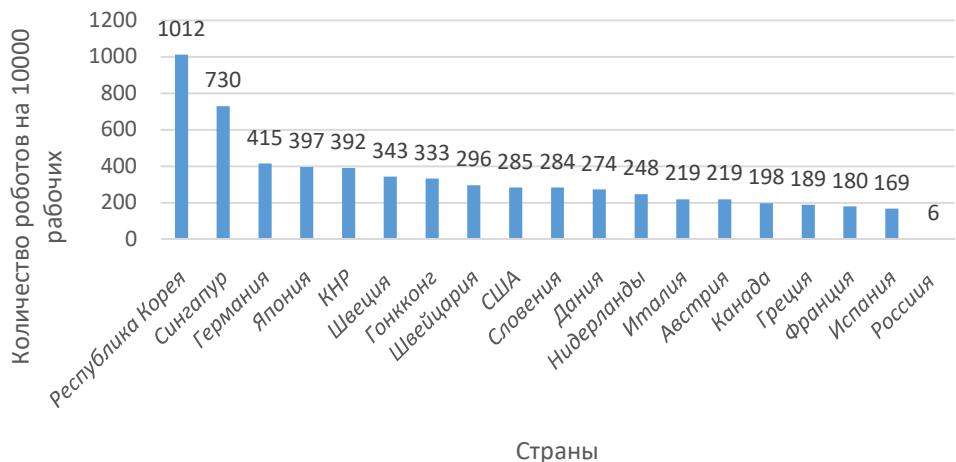


Рис. 1. Плотность использования промышленных роботов
в различных странах в 2022 г., единиц на 10 000 работников [8]

В Азии внедрение робототехники в промышленном секторе набирает обороты с впечатляющей скоростью. Например, в обрабатывающей промышленности плотность роботов достигает 168 единиц на каждые 10 000 сотрудников [8]. Это свидетельствует о высоком уровне автоматизации и стремлении к повышению эффективности производства.

Особенно выделяются такие страны, как Корея, Сингапур, Япония, материковый Китай и Гонконг. Эти государства не только лидируют в Азии, но и занимают ведущие позиции в мировом масштабе, входя в десятку наиболее автоматизированных стран. Автоматизация в этих странах поддерживается на государственном уровне и активно стимулируется частным сектором. В Японии, например, роботы применяются не только в производстве, но и в медицине, обслуживании и даже в домашнем хозяйстве. Сингапур с его ограниченными природными ресурсами делает ставку на технологии и инновации для поддержания конкурентоспособности.

Корея, материковый Китай и Гонконг также демонстрируют впечатляющие результаты в автоматизации промышленных процессов. В этих регионах активно развиваются исследования и разработки в области искусственного интеллекта и робототехники, что способствует созданию новых рабочих мест и повышению квалификации сотрудников.

Таким образом, высокая плотность роботов в обрабатывающей промышленности Азии — это не просто статистика, а показатель серьезных изменений и прогресса в экономике региона.

Примечательно, что в Европейском Союзе наблюдается высокая плотность роботов — 208 единиц на каждые 10 000 сотрудников [8]. Это отражает растущую тенденцию к автоматизации и внедрению робототехники в различные отрасли. Германия, Швеция и Швейцария занимают лидирующие позиции в мировом рейтинге по этому показателю, что подчеркивает их стремление быть на переднем крае технологического прогресса.

Плотность роботов в Северной Америке составляет 188 единиц на 10 000 сотрудников, что свидетельствует о высоком уровне внедрения робототехники в производственные процессы [8]. В частности, Соединенные Штаты вошли в топ-10 самых автоматизированных стран мира в сфере обрабатывающей промышленности.

В России же в настоящее время плотность роботов составляет 6 единиц на 10 000 рабочих¹.

Международная федерация робототехники регулярно публикует данные, которые позволяют оценить и сравнить уровень внедрения роботов в различных странах и регионах. Недавно опубликованный отчет показал, что глобальная плотность роботов достигла рекордной отметки — 151 единица на каждые 10 000 сотрудников. Важно отметить, что этот показатель более чем удвоился по сравнению с тем, что было шесть лет назад (рис. 2)².

По данным отчета World Robotics — 2023, «глобальная численность установленных промышленных роботов составила 553 052 единицы, что представляет собой увеличение на 5% по сравнению с предыдущим годом» [8]. Особенno заметно увеличение количества роботов в Азии, где было установлено 73% всех новых устройств. Это указывает на активное внедрение робототехники в странах этого региона, таких как Китай, Япония и Республика Корея. В Европе также наблюдается существенный рост, с 15% новых роботов, установленных на заводах континента [8].

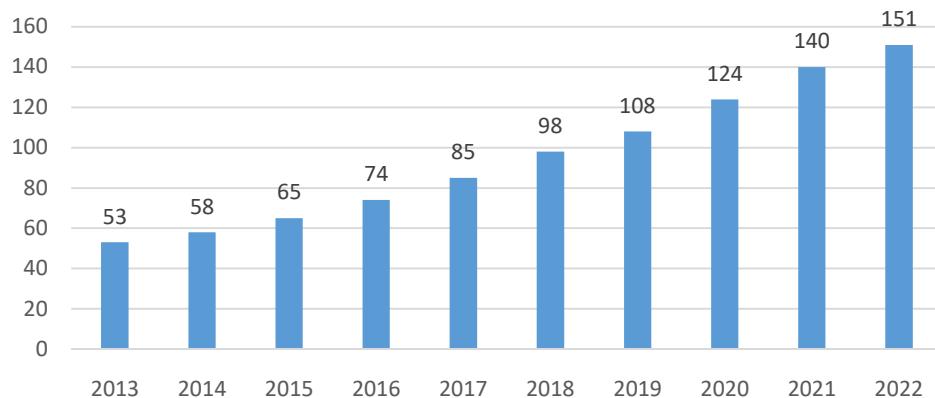


Рис. 2. Средняя плотность роботов в мировой промышленности в 2013–2022 гг., единиц [8]

¹ Как России войти в группу лидеров по числу промышленных роботов — Российская газета (rg.ru) [сайт]. URL: <https://rg.ru/2024/03/19/idealnyj-robotnik.html> (дата обращения: 22.04.2024). Текст: электронный.

² Глобальная гонка робототехники: Корея, Сингапур и Германия лидируют — Международная федерация робототехники (ifr.org) [сайт]. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robotics-race-korea-singapore-and-germany-in-the-lead> (дата обращения: 22.04.2024). Текст: электронный.

На долю Северной Америки и Южной Америки приходится 10% новых установленных роботов, что показывает умеренный, но стабильный рост интереса к роботизации в этих регионах (рис. 3) [8].

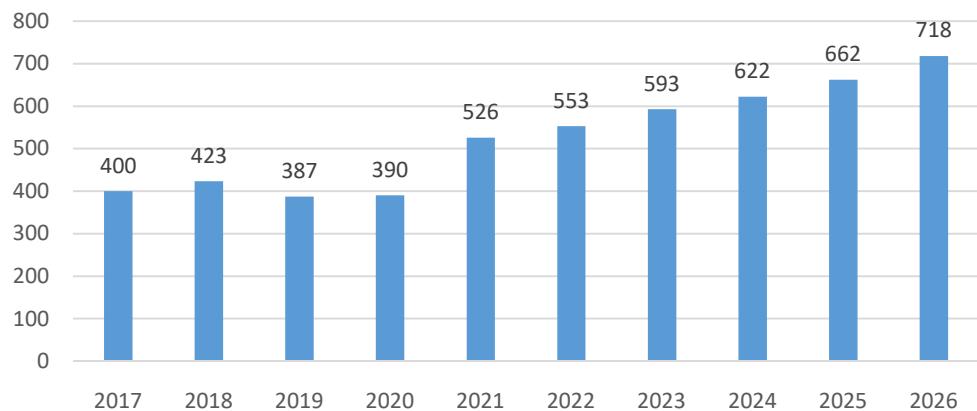


Рис. 3. Установка промышленных роботов в 2017–2023 гг.
и прогноз на 2024–2026 гг., единиц в год [8]

Китай в настоящее время является крупнейшим рынком в мире. В 2022 г. было установлено 290 258 роботов, что превышает предыдущий рекорд 2021 г. на 5%. Количество установленных роботов в Японии «возросло на 9%, достигнув 50 413 единиц, превысив уровень до пандемии в 49 908 единиц в 2019 г.» [8].

Рынок в Республике Корея также вырос на 1%: в 2022 г. было установлено 31 716 роботов [8]. Это уже второй год умеренного роста после четырехлетнего снижения уровня установок. Республика Корея остается четвертым крупнейшим рынком роботов в мире после США, Японии и Китая (рис. 4).

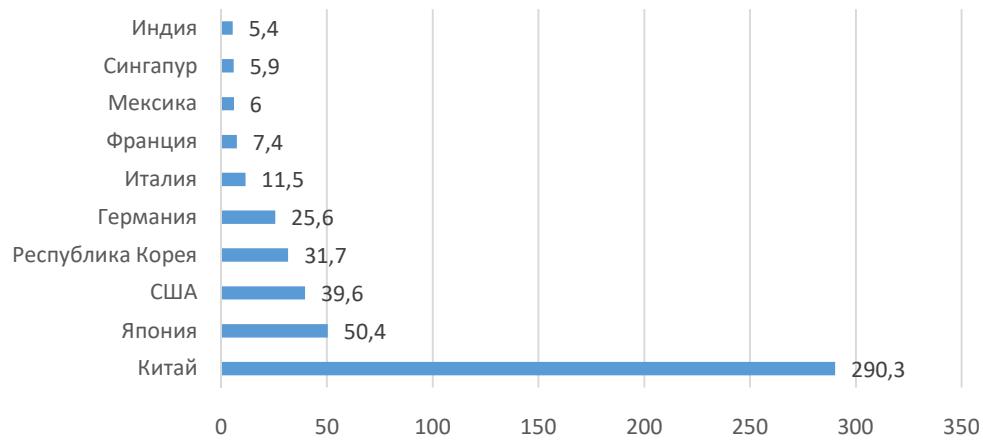


Рис. 4. Ежегодная установка промышленных роботов в 2022 г.
на 10 крупнейших рынках [8]

Рост плотности роботов оказывает значительное влияние на рынок труда, изменяя требования к квалификации сотрудников и создавая новые возможности для профессионального роста в сфере высоких технологий. Этот процесс требует адаптации образовательных систем и программ профессиональной подготовки, чтобы соответствовать новым реалиям.

Таким образом, данные о плотности роботов не только помогают понимать текущее состояние роботизации, но и указывают на направления, в которых необходимо работать для обеспечения равномерного технологического развития по всему миру. Такое развитие роботизации в мире обусловлено рядом технологических инноваций.

1. Современные технологии стремительно развиваются и искусственный интеллект (ИИ) занимает центральное место в этих изменениях. В частности, его интеграция в робототехнику и автоматизацию набирает обороты, открывая перед человечеством новые горизонты. Одним из самых значимых прорывов последних лет стало появление генеративного ИИ, который способен создавать нечто новое, будь то текст, изображение или даже музыка. Это подмножество ИИ специализируется на создании чего-то нового из того, чему он научился в процессе обучения, и было популяризировано такими инструментами, как ChatGPT. Производители роботов создают на основе искусственного интеллекта генеративные интерфейсы¹.

Машинное обучение как основа ИИ играет ключевую роль в этом процессе, позволяя роботам и автоматизированным системам адаптироваться к новым условиям и выполнять более сложные задачи. В результате такие системы становятся не просто инструментами, но и интеллектуальными помощниками, способными принимать решения и действовать самостоятельно.

2. Роботы расширяют области своего применения. Сотрудничество робота и человека до сих пор остается главной тенденцией в робототехнике. С развитием технологий коллаборативные роботы становятся незаменимыми помощниками для людей, облегчая выполнение сложных задач и улучшая условия труда.

3. В последние годы наблюдается значительный рост интереса к мобильным манипуляторам или так называемым «MoMas», что обусловлено их уникальными возможностями и широким спектром применения. Эти роботы стали неотъемлемой частью современных производственных процессов, таких как автомобилестроение, логистика и аэрокосмическая промышленность.

4. Цифровые двойники становятся все более важным инструментом для повышения эффективности и оптимизации производственных процессов. Эти виртуальные копии реальных объектов позволяют моделировать, анализировать и прогнозировать различные сценарии без риска для реальных систем. В условиях, когда роботы все интенсивнее интегрируются в производственные процессы на заводах, цифровые двойники открывают новые возможности для анализа и улучшения их работы.

5. Человекоподобные роботы обладают удивительной способностью выполнять широкий спектр задач в различных условиях. По данным Министерства

¹ Топ-5 трендов роботов 2024 года — Международная федерация робототехники (ifr.org) [сайт]. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-robot-trends-2024> (дата обращения: 22.04.2024). Текст: электронный.

промышленности и информационных технологий Китая, гуманоиды могут стать следующей революционной технологией, подобной компьютерам или смартфонам¹. Они имеют потенциал кардинально изменить производственные процессы и повседневную жизнь людей, трансформировав способы, которыми мы создаем товары и взаимодействуем с окружающим миром.

В ближайшие годы робототехника обещает стать одной из самых динамичных и быстроразвивающихся областей технологий. Ожидается, что пять взаимно усиливающих друг друга тенденций автоматизации в 2024 г. будут существенно влиять на рынок. Данные тенденции демонстрируют, что робототехника — это междисциплинарная область, где новейшие технологии объединяются для создания интеллектуальных решений. В результате этого объединения происходит слияние промышленного и сервисного секторов робототехники, что открывает новые горизонты для применения роботов.

В железнодорожном секторе, который когда-то был пионером промышленной революции, сегодня немного примеров внедрения роботизированных технологий в процессы управления и обслуживания путевой инфраструктуры. Известны факты применения роботов в области сварки элементов вагонов и вагонных тележек, а также первые попытки проведения роботами компонентной сборки. При техническом обслуживании поездов роботов начали использовать для автоматизации процессов удаления лакокрасочных покрытий и очистки поверхности. Исключением является направление, связанное с автоматизацией и диспетчеризацией движения поездов, в котором проводятся серьезные и скоординированные исследования, нашедшие применение в разработках по данному направлению и получившие возможность широкого внедрения².

Сегодня реализуется проект «Цифровое депо», который включает более 30 высокотехнологичных инициатив, в том числе роботизацию отдельных производственных процессов. Цифровое депо — единая интеллектуальная система организационных, технических, технологических и программных решений для непрерывного повышения эффективности обслуживания и ремонта (ТОиР) локомотивного парка. Создается в рамках цифровой трансформации ТОиР с целью перехода от реактивного управления производственными процессами к предиктивному.

Одним из наиболее активно растущих направлений роботизации в отрасли является машинное зрение. В проекте «Цифровое депо» отрабатывается возможность применения этого решения для анализа технического состояния локомотивной тележки. Система видеоаналитики уже на въезде в депо может диагностировать ее внешние неисправности. Участие человека в сборе и обработке этой информации исключается. Полученные данные фиксируются, а с помощью специальных RFID-меток идентифицируется номер тележки, на которой обнаружена данная неисправность, после чего полученная информация анализируется в от-

¹ Топ-5 трендов роботов 2024 года — Международная федерация робототехники (ifr.org) [сайт]. URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-robot-trends-2024> (дата обращения: 22.04.2024). Текст: электронный.

² Путевые роботы от Robel — будущее, которое рядом | Партнерский материал — Гудок (gudok.ru) [сайт]. URL: https://gudok.ru/content/partnyerskiy_material/1569869 (дата обращения: 22.04.2024). Текст: электронный.

дельной подсистеме. Также в настоящий момент автоматизирован процесс назначения работ. Для этого разработано специальное мобильное приложение. Человек подключается только на этапе выполнения технологической операции.

Необходимость подобных решений для повышения скорости и качества выполняемых работ подкрепляют цифры. Так, внедрение робототехники в машиностроении позволяет увеличить производительность в среднем в 2,5 раза, а рост экономической эффективности составляет около 50%. В качестве примера можно привести одну из технологий «Цифрового депо» — роботизированный склад. Это вертикальная автоматизированная система хранения, которая расположена рядом с ремонтной позицией, где специалист оперативно получает ремкомплект. Для этого достаточно пройти идентификацию: «кумный склад» знает, кто и какие товарно-материальные ценности (ТМЦ) должен забрать. Время выдачи и доставки запчастей мастерам по ремонту сокращается на 90 %. Кроме того, в системе есть информация по наличию тех или иных ТМЦ на складе, что позволяет интегрировать эти данные с дозаказом недостающих запчастей.

С начала 2020 г. Главный вычислительный центр ОАО «РЖД» активно внедряет программные роботы. На текущий момент в различных филиалах холдинга уже функционирует 2 039 программных роботов и 738 чат-ботов. Программные роботы способны имитировать человеческие действия при взаимодействии с пользовательским интерфейсом. Они автоматически определяют расположение необходимых элементов, таких как кнопки, поля ввода, текст и интерактивные данные, и выполняют соответствующие операции. Благодаря роботизации минимизируются риски возникновения ошибок, а процессы работы ускоряются в 3–5 раз.

В 2024 г. роботы ОАО «РЖД» будут заниматься обработкой сообщений, проверкой документов, извлечением и анализом данных, предоставлением консультаций, поиском нужной информации и взаимодействием с цифровыми ассистентами.

В планах на 2024 г. — создание мультиагентной системы, то есть сообщества интеллектуальных помощников в облике роботов. В отличие от стандартных программных роботов интеллектуальные помощники способны не только выполнять заданные команды, но и проводить анализ информации, разрабатывать рекомендации и предлагать решения.

Для обеспечения большого количества роботов, приносящих пользу, необходимо ускорить процесс их создания с минимальными затратами труда. Недавно компания ОАО «РЖД» сделала значительный шаг вперед в области автоматизации, представив свою инновационную «Фабрику роботизации». Этот комплексный набор процедур является ключевым элементом в ускоренной интеграции роботизированных процессов в промышленную эксплуатацию. Одной из важнейших особенностей этой системы является ее способность принимать и обрабатывать заявки на разработку роботов с высокой скоростью и точностью.

Важно отметить, что «Фабрика роботизации» не только помогает оценить потенциал проекта, но и предлагает оптимальные пути его реализации. Контроль и поддержка роботизированных систем осуществляются на всех этапах их жизненного цикла. Это включает в себя как первоначальную настройку, так и регулярное обслуживание для обеспечения стабильной работы. С момента идеи до полной реализации роботизированного процесса проходит период 25–41 день, что

значительно ускоряет внедрение инноваций в рабочие процессы компаний, то есть «Фабрика роботизации» является не просто инструментом разработки, но и гарантией долгосрочной эффективности внедренных решений.

Выводы и рекомендации

В последние годы наблюдается значительный рост в использовании промышленных роботов на заводах по всему миру. В некоторых регионах мира, таких как Азия и Европа, плотность роботов значительно выше средней, что отражает их лидерство в области технологий и инноваций. Эти данные подчеркивают важность роботизации в современных экономических системах, где стремление к повышению производительности и конкурентоспособности становится ключевым фактором. Инвестиции в робототехнику и автоматизацию продолжают расти, и это только начало глобальных изменений, которые они принесут в мировой экономике. Такое развитие роботизации в мире обусловлено рядом технологических инноваций, таких как искусственный интеллект, машинное зрение, внедрение коллаборативных роботов, разработка мобильных манипуляторов, цифровых двойников и человекоподобных роботов.

В заключение отметим, что роботизация — это лишь один из элементов цифровой трансформации. В настоящее время автоматизируются операции, где искусственный интеллект и машинный труд эффективнее аналоговых. Тотальная цифровизация технологий обслуживания в настоящее время зависит не только от скорости и уровня технологичности решений железнодорожных предприятий. Этот процесс неразрывно связан с изменениями конструктивных особенностей и технических характеристик самой железнодорожной отрасли.

Литература

1. Acemoglu, D. & Restrepo, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. NBER Working Paper 23285.
2. Acemoglu, D. & Restrepo, P. (2021). Demographics and Automation. *Review of Economic Studies*, forthcoming.
3. Bekhtiar, K., Bitschi, B. and Sellner, R. (2021) Robots at work? Pitfalls of industry level data, Munich: ifo Institute — Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich, EconPol Working Paper 58.
4. Caselli, M., Fracasso, A. & Traverso, S. Globalization, Robotization and Electoral Outcomes: Evidence from Spatial Regressions for Italy. *Journal of Regional Science*. 2021; 61: 86–111.
5. Dauth, W., Findeisen, S., Südekum, J., & Wössner, N. (2021). The Adjustment of Labor Markets to Robots: Revised version. *Journal of the European Economic Association*, forthcoming.
6. Graetz, G. & Michaels, G. (2018). Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*. 100(5): 753–768.
7. Gunadi, C. and Ryu, H. (2021) ‘Does the rise of robotic technology make people healthier?’ *Health Economics*. 2021; 30; 9: 2047–2062.
8. IFR (2024), International Federation of Robotics Homepage. URL: <https://ifr.org>, (accessed: 04.04.2024).
9. Jung, J. H. & Lim, D.-G. (2020). Industrial Robots, Employment Growth, and Labor Cost: A Simultaneous Equation Analysis. *Technological Forecasting and Social Change*. 159; 120202: 1–11. Doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120202.

Я. И. Никонова, Е. В. Тюнукова. Роботизация как вектор инновационного развития железнодорожной отрасли

Статья поступила в редакцию 05.08.2024; одобрена после рецензирования 25.10.2024; принята к публикации 28.10.2024.

ROBOTIZATION AS A VECTOR OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY INDUSTRY

Yana I. Nikonova
Cand. Sci. (Econ.), A/Prof.
ya_shka@list.ru

Elena V. Tyunukova
Dr. Sci. (Econ.), Prof.
tunev@sgups.stu.ru

Siberian State Transport University
191 Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk 630049, Russia

Abstract. Currently, robotic automation is one of the modern tools for digital transformation of the railway industry. The article substantiates the need for deep modernization of the national railway industry through the introduction of robots and robotic systems. We have revealed the nature and mechanisms of the influence of robotization on the railway industry development in Russia. The study is aimed at identifying the most significant manifestations of the impact of robotization on railway enterprises, trends and the nature of such impact.

As a result of the study, we have summarized the existing views on the specifics and trends of robotization in the railway industry of Russia. It has been found that the need of the railway industry for robotics is significant. The introduction of robots and robotic systems in the railway sector will bring a noticeable economic effect. Savings will be achieved by reducing costs, increasing control and controllability of a system. There is already experience in the use of robots and robotic systems in the railway industry at home and abroad, such as introduction of remote control, automation, integrated processes and intelligent control systems.

Keywords: robotization, introduction of robots and robotic systems, railway industry.

For citation

Nikonova Ya. I., Tyunukova E. V. Robotization as a Vector of Innovative Development of the Railway Industry. *Bulletin of Buryat State University. Economy and Management.* 2024; 4: 106–115 (In Russ.).

The article was submitted 05.08.2024; approved after reviewing 25.10.2024; accepted for publication 28.10.2024.