



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 62:625:629

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-1>

Четвёртая промышленная революция и её влияние на железные дороги



Евгений СОТНИКОВ



Константин ШЕНФЕЛЬД

**Евгений Александрович Сотников¹,
Константин Петрович Шенфельд**

¹ АО «Научно-исследовательский институт
железнодорожного транспорта»
(АО «ВНИИЖТ»), Москва, Россия.

✉ ¹ info@vniizht.ru.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены этапы развития промышленного производства человеческого общества на основе известной классификации четырёх промышленных революций.

На основе проведённого анализа разработана ретроспектива технико-технологического развития железных дорог по периодам между техническими революциями и по важнейшим техническим системам железных дорог (инфраструктура, подвижной состав, система управления), определены перспективы на обозримый срок.

Установлены основные направления технико-технологического развития производительных сил, характерные для четвёртой промышленной революции. Целью статьи является определение тех из них, которые целесообразно использовать применительно к железнодорожному транспорту с выбором ряда конкретных технико-технологических решений.

В области цифровизации предложено сосредоточиться на разработке и внедрении интеллектуальных систем управления для каждого рабочего места или интеллектуальных рабочих мест (ИРМ), обеспечивающих выработку дежурно-диспетчерским аппаратом на объектах железных дорог оптимальных решений многочисленных оперативных задач. Определено, что в случае крупной железнодорожной компании, такой как ОАО «РЖД», создание ИРМ управления должно основываться на масштабности и общности решаемых задач на многочисленных однотипных объектах управления, исходя из того, что, например, число диспетчерских

участков достигает более 400, движущихся поездов и станций – нескольких тысяч, дело и дистанций инфраструктуры – нескольких сотен и т.д. Это позволяет создавать типовые системы, тиражируемые в дальнейшем для конкретных рабочих мест с учётом местной специфики.

Ключевым элементом интеллектуальных систем становится быстроразвивающееся производство всё более миниатюрных и, что важно, постоянно дешевеющих датчиков, способных уже сегодня встраиваться практически в любые объекты. На железных дорогах это, например, колесо вагона или локомотива, двигатели, рельсы, любые вагоны или контейнеры. Это позволяет осуществлять непрерывный мониторинг текущего состояния подобных объектов, а также их узлов. В результате открываются принципиально новые возможности сокращения затрат на техническое обслуживание подвижного состава и инфраструктуры, а также обеспечение транспортной безопасности. Так, впервые может быть поставлена задача достижения «абсолютной» безопасности движения на железнодорожном транспорте.

Выполнен прогноз примерного времени наступления пятой промышленной революции и путей развития технических систем железных дорог на период до её начала. Использование результатов выполненного исследования, как предполагается, позволит конкретизировать направления перспективного технико-технологического развития железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: промышленные революции, железнодорожный транспорт, интеллектуальные рабочие места, новые рабочие места, робототехника, прогноз.

Для цитирования: Сотников Е. А., Шенфельд К. П. Четвёртая промышленная революция и её влияние на железные дороги // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 6 (103). С. 6–13. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-6-1>.

**Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.**

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное производство с массовым выпуском продукции, по существу, началось на Земле в конце XVIII века, сначала в Англии. А дальше периодически происходили технологические скачки – так называемые «промышленные революции» [1].

Согласно принятой классификации, уже произошло четыре таких революции, последняя из которых происходит в наши дни. Каждая из революций определяется новыми направлениями развития, основанными, прежде всего, на достижениях фундаментальных наук, а также своими техническими и технологическими достижениями.

Целью статьи является анализ новых решений, которые характерны для четвертой промышленной революции, с их применением к железнодорожному транспорту. Это одновременно определяет и новые задачи, которые должна решать отраслевая наука в современный период.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Ретроспективный анализ

Первая промышленная революция происходила со второй половины XVIII века и продолжалась в течение первой половины XIX века¹, её главной технологической основой стало изобретение парового двигателя и последующая механизация производства. Важнейшей составной частью первой промышленной революции стал железнодорожный транспорт. Появился паровоз, а уже имевшиеся, в основном деревянные, рельсы довольно быстро были заменены на чугунные.

Работники железных дорог могут гордиться тем, что именно этот вид транспорта связал удобными наземными сообщениями города, что обеспечило в XIX веке не только бурный промышленный рост, но и принципиально изменило жизнь человеческого сообщества. Железные дороги при общей длине более 1 млн км на пяти континентах² и сегодня выполняют эту роль, и пока замены им не видно. А как же автомобиль? Ответ простой.

¹ Периодизация первой промышленной революции до сих пор не является однозначной. В различных источниках её начало относят и к 1740-м, и к 1760–80-м годам.

² По данным Международного союза железных дорог длина железных дорог в 2020 году составляла более 1 млн 140 тыс. км. [Электронный ресурс]: <https://uic.org/IMG/pdf/passenger-tonne-line-kilometers-timeseries-over-period-2004–2020.pdf>. Доступ 25.10.2022.

В автомобиле не повезти руду на 2000–3000 км и более. Это дорого. Да, такие массовые грузы, как сырая нефть, бензин, на дальних расстояниях в основном перемещаются по трубопроводам, потому что это дешевле. Но нефтепродуктов сотни наименований. И практически для каждого из них необходим свой трубопровод. При сравнительно небольших объёмах производства строительство трубопроводов для каждого вида продукции экономически неоправданно. Поэтому перевозка большинства из них выполняется железными дорогами. Именно возможность дешёвой перевозки на большие расстояния массовых, да и других грузов, делает железные дороги пока незаменимыми. По крайней мере, на ближайшие 100 лет и более.

Вторая промышленная революция началась ближе к концу XIX века³ с производственным освоением электричества, внедрением новых сталелитейных технологий, поточного производства. Железные дороги стали переходить на электрическую тягу (электровозы). В тот же период появились двигатель внутреннего сгорания, автомобиль, самолёты, тепловозы и многое другое.

В 1960-х годах произошли новые кардинальные изменения, связанные с появлением полупроводников и компьютеров. Всё развивалось стремительно – сначала большие ЭВМ, в 1980-х годах персональные, а в 1990-х сеть Интернет. Это была третья – компьютерная или, иначе, цифровая революция.

Четвёртая промышленная революция и железные дороги

Сегодня мы находимся в начале четвертой промышленной революции. В полной мере это ещё не осознано обществом, но это так. В чём же она заключается?

Каждое новое технологическое преобразование опирается на предыдущие достижения. Четвёртая промышленная революция опирается, прежде всего, на цифровую революцию, принципиально её развивая на основе перехода к интеллектуальным системам управления, то есть должен осуществляться переход от автоматизированных рабочих мест (АРМ) к интеллектуальным рабочим местам (ИРМ). Не дожидаясь создания искусственного интеллекта, подобного интеллекту чело-

³ Периодизация её начала и окончания также неоднозначна и может охватывать различные периоды, начиная с 1870-х годов.



века, до которого пока, по нашему мнению, ещё далеко, предстоит создать множество «умных» объектов с использованием алгоритмов управления, близких к применяемым в настоящее время. На железнодорожном транспорте – это «умные» путь, локомотив, вагон, поезд, вокзал, станция, контейнерная площадка, депо, производственные и социальные здания, многочисленные «умные» объекты оперативного дежурно-диспетчерского управления [2–4]. И, наконец, это – «умная» железная дорога, «умный» департамент в аппарате РЖД и даже «умный» управленец в верхнем аппарате управления РЖД, какой бы пост он ни занимал, вплоть до самых высоких. В конце концов, большинство управляющих решений на всех уровнях должны (и, несомненно, будут) приниматься работниками не только на основе своих знаний, опыта, интуиции и просто умственных способностей конкретного человека, а, главным образом, на основе решений, разрабатываемых в оперативном режиме интеллектуальными системами управления на конкретных рабочих местах (ИРМ). Такие системы должна создать отраслевая наука, которая сегодня предлагает, как правило, системы для решения отдельных задач или только информационные системы.

Конечно, к каждому объекту или управленцу научный коллектив не приставишь, но на железной дороге созданию конкретных интеллектуальных систем управления, решающих весь большой комплекс задач на каждом индивидуальном рабочем месте, помогает массовость, масштаб и типичность решаемых в РЖД задач, а также количество однотипных объектов управления и работников одной узкой направленности. Например, количество одновременно двигающихся только грузовых поездов – более 2 тыс., локомотивов – тысячи, вагонов – более 1 млн, депо и дистанций инфраструктуры – сотни, поездных участков – до 400, станций – тысячи. То есть создаваемые типовые системы могут тиражироваться, конечно, с учётом местной специфики. В целом проблема архисложная, в её решении должны участвовать технологи (в том числе практики), математики, программисты. Но эффект от него должен быть огромный.

Во-первых, это повышение качества решений, особенно оперативных, так как будет учитываться больше факторов, чем позволяют возможности человеческого мозга. Причём

в оперативной обстановке на принятие решений могут отводиться секунды, и тогда человек использует только интуицию и накопленный опыт.

Во-вторых, исключается фактор влияния различных способностей лиц, принимающих решения (ЛПР). Интеллектуальная система во всех случаях должна обеспечить принятие оптимального или близкого к нему решения.

В-третьих, значительно расширяются зоны обслуживания одним управленцем. Высвобождающийся контингент может участвовать в исследованиях, связанных с расширением работ по созданию ИРМ. Возможно сократить продолжительность рабочего дня и дежурных смен.

Всё это даст необходимый для внедрения интеллектуальных систем экономический и социальный эффект.

Важнейшим элементом, обеспечивающим создание интеллектуальных систем и «умных» объектов, являются быстро развивающиеся и становящиеся всё более миниатюрными и дешёвыми различные датчики [5–7]. Есть возможность уже сегодня встраивать их в любые объекты, включая, например, рельс, колесо вагона, контейнер и т.п., что позволяет непрерывно следить за текущим состоянием любого объекта и его узлов. А это открывает уже совсем новые возможности для обеспечения безопасности движения и техники, личной безопасности на железных дорогах, а также сокращения затрат на техническое обслуживание.

Интересно и важно, что впервые в истории техники может быть реально поставлен и решён вопрос достижения «абсолютной» безопасности движения на железнодорожном транспорте. При этом влияние «человеческого фактора» на возникновение аварийных ситуаций исключат интеллектуальные системы управления, а контроль надёжного состояния техники обеспечат датчики на «умных» объектах.

Четвёртая промышленная революция не ограничивается только принципиально новым развитием технологий.

Появляются всё новые материалы, свойства которых ещё совсем недавно представить себе было невозможно [8–10]. И трудно предсказать, что ещё будет здесь достигнуто.

В целом, новые материалы уже становятся значительно более прочными, лёгкими, пригодными для вторичной переработки.

Новые материалы могут в разы повысить модуль упругости, статическую и динамическую прочность, износостойкость деталей, а значит, и эксплуатационный ресурс технических средств железных дорог. «Умные» материалы будут обладать памятью и способностью возвращаться к исходной форме, то есть самовосстанавливаться и самоочищаться. Например, «умные» кристаллы будут превращать давление в энергию и т.д.

Отраслевая наука должна внимательно следить за такими достижениями фундаментальной науки, чтобы своевременно приспосабливать их к нуждам железнодорожного транспорта. А возможно и определять реальные технические требования к созданию новых материалов, максимально учитывающих особенности железнодорожной техники. Например, необходимо, чтобы в ОАО «РЖД» выполнялась научная тематика по прогнозу использования новых материалов.

Сегодня быстро развивается и такое направление, как робототехника [11; 12] на основе повышения гибкости и адаптивности роботов, использование которых всё больше проникает во многие отрасли. Этому способствуют и упоминавшиеся миниатюрные датчики, обеспечивающие отслеживание состояния как самих объектов, так и внешней среды.

На железнодорожном транспорте имеется много объектов для использования роботов. Например, известен термин «автоматизированная сортировочная горка». Но чтобы подготовить состав к расформированию в парке прибытия сортировочной станции, бригада осматривщиков вагонов вручную расцепляет рукава воздушной магистрали вагонов поезда и проверяет их техническое состояние с «пролазкой» под каждым вагоном. А на самой горке одна из основных операций расцепки вагонов выполняется вручную составителями-расцепщиками автосцепок. Причём максимальная скорость роспуска по условию техники личной безопасности составителей ограничена величиной 7 км/ч, хотя при отсутствии такого ограничения могла бы быть в 1,5–2 раза выше. Сейчас настало время разработки действительно «автоматизированной сортировочной горки» без каких-либо ограничений скорости роспуска на основе роботизации процессов на горке, а также при техническом обслуживании составов в парке прибытия. И это даст большой эффект вслед-

ствие повышения перерабатывающей способности сортировочных горок. Нет сомнений, что роботы могут широко использоваться при ремонте пути, да и в других хозяйствах железных дорог.

Можно назвать и другие направления принципиально нового развития технологий, обеспечивающих реализацию достижений четвёртой промышленной революции. Например, беспилотные транспортные средства [13] – их применение для мониторинга инфраструктуры будет только расширяться⁴. Или 3D-, 4D-печать, технологии которых можно применять для выпуска различных деталей на месте или близко к месту их использования. Или с помощью геолокации [14] можно отслеживать расположение на железнодорожных путях конкретных работников, предупреждая их выход в опасные зоны и своевременно оповещая о приближении поездов, локомотивов и маневровых составов и т.д.

Пятая промышленная революция: попытка осмысления её содержания и прогноза сроков начала

Буквально в последние годы появились публикации, нацеленные на прогнозирование содержания и сроков начала пятой промышленной революции. Так, авторы [15] отмечают, что «пятая промышленная революция охватывает понятие гармоничного взаимодействия человека и машины с особым акцентом на благополучие многочисленных заинтересованных сторон (например, общества, компаний, работников, клиентов)», что «пятая промышленная революция отличается от четвёртой акцентом на синергетическое взаимодействие, а не на конкуренцию (и возможное замещение). То есть, если целью четвёртой промышленной революции являлось максимальное увеличение спектра и количества инновационных технологий при возможной конкуренции людей и роботов за рабочие места, то при пятой промышленной революции акцент смещается вместо этого в сторону приоритизации усилий, направленных на понимание того, в чём участники процесса лучше и как люди и технологии могут скорее сотрудничать, чем замещать друг друга». Ещё более образно, этот процесс охарактеризовал

⁴ Как беспилотники служат на железной дороге // Гудок. – 05.11.22. [Электронный ресурс]: <https://gudok.ru/content/infrastructure/1618875/>. Доступ 06.11.2022.



Таблица 1
Значения P_i и $\Delta T_{i,i+1}$ для $P_{1,2}$

P_i	Календарный год (примерно) начала промышленных революций	Временной лаг, лет $\Delta T_{i,i+1}$
1	1805	85 для $P_{1,2}$
2	1890	
3	1960	70 для $P_{2,3}$
4	2010	50 для $P_{3,4}$

другой автор: «Индустрия 5,0 будет касаться робототехники, которую мы помещаем внутрь себя – бионическое приращение и “Интернет человеческих тел”»⁵. Другой автор в материале, озаглавленном «В ходе пятой промышленной революции креативность должна сочетаться с технологией» отмечает, что «как и индустрия 4,0, которая делает акцент на использование искусственного интеллекта, больших данных, Интернета вещей, индустрия 5,0 включает эти системы, но инкорпорирует больше человеческого интеллекта. Основная разница между четвёртой и пятой промышленной революциями в том, что пятая стремится к установлению более сбалансированных рабочих взаимоотношений между всё более «умными» технологиями и людьми. В отличие от конкуренции людей и роботов за рабочие места, чего опасались с приходом индустрии 4,0, люди теперь, как ожидается, будут сотрудничать с роботами»⁶. Другие авторы применительно, в том числе, и к учебному процессу в университетах подчёркивают, что в ходе пятой промышленной революции «...люди будут опираться на технологические достижения индустрии 4,0, которая была нацелена на автоматизацию, искусственный интеллект, большие данные, Интернет вещей, и преобразовывать их в ориентированные на человека решения самого широкого круга вызовов»⁷.

⁵ Ball, C. How the fifth industrial revolution will impact the future of work. October 24, 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.theecomagazine.com/business/innovation-technology/fifth-industrial-revolution/>. Доступ 06.11.2022.

⁶ Sondh, K. In the 5th Industrial Revolution, creativity must meet technology. Oxford Economics, April 29, 2021. [Электронный ресурс]: <https://blog.oxfordeconomics.com/world-post-covid/in-the-5th-industrial-revolution-creativity-must-meet-technology>. Доступ 06.11.2022.

⁷ Preparing students for the fifth industrial revolution. Website of University of Technology Sydney, May 17, 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.uts.edu.au/news/education/preparing-students-fifth-industrial-revolution>. Доступ 06.11.2022.

Описанная авторами выше концепция создания интеллектуальных рабочих мест полностью вписывается в данный подход и может стать одним из направлений пятой промышленной революции на железнодорожном транспорте. Впрочем, можно ожидать появления и таких принципиально новых и даже неожиданных технико-технологических решений, которые коренным образом изменят наше представление о характере развития новой промышленной революции.

Заглянем теперь немного в будущее и попытаемся определить срок возможного начала пятой промышленной революции, что требует выполнения анализа характера изменения продолжительности времени, проходящего от начала одной такой революции до начала следующей.

Обозначим номер промышленной революции как P_i , при этом для первой из них $P_1 = 1$ и, соответственно, $P_2 = 2$, $P_3 = 3$ и $P_4 = 4$. Продолжительность времени между смежными промышленными революциями (временной лаг) $\Delta T_{i,i+1}$ составит:

$$\Delta T_{i,i+1} = \Delta T_{(i+1)} - T_i, \quad (1)$$

где $T_{(i+1)}$, T_i – календарный год начала i -ой и $(i+1)$ -й промышленных революций.

В табл. 1 представлены данные о примерном (расчётном) календарном годе начала промышленных революций (исходя, прежде всего, из их влияния на технику и технологии железнодорожного транспорта) и значениях $\Delta T_{i,i+1}$.

Конечно же, приведённые в таблице календарные годы, отметим это ещё раз, являются во многом условными и ориентированы, прежде всего, на ключевые даты наибольшего эффекта, оказанного первой и второй промышленной революциями на железнодорожный транспорт. Так, 1805 год можно считать временем начала интенсивной работы по созданию паровозов. 1890 год взят как условный ориентир, некий срединный рубеж появления новых железнодорожных технологий. В 1879 году на промышленной выставке в Берлине компанией «Сименс» был продемонстрирован первый прототип электрифицированной железной дороги, тогда как первая электрифицированная железная дорога была введена в коммерческую эксплуатацию, как считается, в 1895–96 гг. в США. Влияние третьей и четвёртой промышленных революций на железнодорожный транспорт можно отсчи-

тывать с самого их начала, так как влияние революционизирующих технологий проявлялось в историческом плане практически сразу же.

При этом надо отметить, что, хотя это и не показано в дальнейших расчётах, и при различной датировке начала промышленных революций как таковых, безотносительно к железнодорожному транспорту, достаточно очевиден общий тренд к сокращению временных лагов. Например, если в отсутствие общепринятых сроков начала первой и второй промышленных революций, взять гипотетически за начало первой промышленной революции 1780 год, а за начало второй 1880-й (не говоря уже о том, что начало четвёртой промышленной революции иногда относят к самому началу 2000-х годов), то лаги составят соответственно 100, 80, 50 лет.

Поэтому в определённой мере, учитывая сокращение временных лагов между промышленными революциями, синхронизацию их начала и влияния на железнодорожный транспорт, футуристический характер прогноза, его во многом можно рассматривать и в контексте начала пятой промышленной революции как таковой.

На рис. 1 приведена функция изменения ($\Delta T_{i,i+1}$) величины временного лага между смежными промышленными революциями – здесь численные значения $\Pi_{i,i+1}$ следует определять по времени начала $(i+1)$ -й промышленной революции. Соответственно: $\Pi_{1,2} = \Pi_2 = 2$, $\Pi_{2,3} = \Pi_3 = 3$, $\Pi_{3,4} = \Pi_4 = 4$.

Представляя искомую функцию полиномом второй степени, получим:

$$\Delta T_{i,i+1} = 100 - 2,5 \cdot \Pi_{i,i+1} - 2,5 \cdot \Pi_{2,i+1} \quad (2)$$

Казалось бы, распространяя действие зависимости (2) на период после $\Pi_{3,4}$ можно определять очередные временные лаги между промышленными революциями. Но к этому вопросу надо подходить очень осторожно. Нетрудно заметить, что функция (2) может иметь нулевое и даже отрицательные значения, которые величина $\Delta T_{i,i+1}$ принимать не может.

Предполагая возможность распространения функции (2) ещё только на один период, то есть до начала пятой промышленной революции, получим $\Delta T_{4,5} = 25$ лет. Тогда для принятых условий можно ожидать начала пятой промышленной революции примерно через 25 лет после начала четвёртой, то есть в $2010 + 25 = 2035$ году.

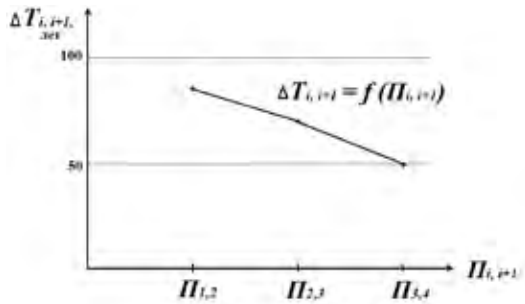


Рис. 1. Функция изменения временного лага между смежными промышленными революциями [выполнено авторами].

Безусловно, такой прогноз сроков является лишь возможным вариантом развития событий, учитывая некую условность заданных временных значений.

Что касается продолжительности действия новых технических и технологических решений каждой из промышленной революции, то она может принимать практически любые значения. Чем короче такой период, тем быстрее реализуются достижения очередной промышленной революции на объектах рассматриваемого полигона управления – всей страны или её региона, континента (Европа, Азия и др.) или даже в целом земной цивилизации. Срок реализации зависит от многих факторов – исходного технико-технологического состояния рассматриваемого полигона управления, финансового положения, системы общественного устройства и др. Но определяется он в конечном счёте инвестиционными ресурсами, которые могут быть использованы на рассматриваемом полигоне управления.

Ретроспективный и перспективный анализ технико-технологического развития железных дорог

Выполненный анализ достижений уже свершившихся промышленных революций и перспектив новых в будущем позволяет представить ретроспективу технико-технологического развития железнодорожного транспорта с момента начала его работы до настоящего времени и дать прогноз такого развития на некоторую перспективу. В табл. 2 приведены такие укрупнённые данные для промышленно развитых стран мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Иногда можно слышать мнение, что век железных дорог постепенно заканчивается. Это совсем не так. Если на железнодорожном транспорте будут внедряться новейшие до-



Таблица 2

Укрупнённая характеристика системы управления и развития технико-технологического состояния железных дорог по периодам действия промышленных революций для промышленно развитых стран мира [составлено авторами]

Система управления железнодорожным транспортом	Технико-технологическое состояние основных устройств		
	Путь и путевое хозяйство	Локомотивы и вагоны	Система обеспечения движения поездов и выполнения маневровой работы
Между 1-й и 2-й промышленными революциями (примерно 1805–1890 годы)			
• изолированное управление отдельными линиями, позднее ограниченными полигонами железных дорог	• чугунные рельсы (массой 25 кг/м), позднее стальные; • постепенное повышение массы рельса; • деревянные шпалы; • стыковой путь; • ремонт пути вручную	• паровая тяга (паровозы); • двухосные и реже четырёхосные вагоны; • скорость до ~60 км/ч	• телеграфная связь; • жезловая система; • семафоры; • ручной перевод стрелок; • в основном манёвры осаживанием
Между 2-й и 3-й промышленными революциями (примерно 1890–1960 годы)			
• переход во многих странах к управлению железными дорогами на государственном уровне	• специальные стали для рельсов; • масса рельса до 40–50 кг/м; • бесстыковой путь; • путевые машины для ремонта пути	• электровозы; • тепловозы; • пневматические тормоза; • автосцепка; • четырёхосные вагоны; • специализация вагонов; • скорость до ~200 км/ч	• автоблокировка; • светофоры; • радиосвязь; • централизованное управление стрелками и сигналами; • диспетчеризация участков; • сортировочные горки
Между 3-й и 4-й промышленными революциями (примерно 1960–2010 годы)			
• межгосударственные информационные системы с едиными базами данных; • международные транспортные коридоры; • мировая контейнерная сеть; • специализированные пассажирские и грузовые линии	• повышение износостойкости рельсов; • шпифовка рельсов; • межремонтный ресурс до 1 млрд т; • железобетонные шпалы; • «бесконечные» рельсовые плети; • плиточное, монолитное основание пути; • автоматизация диагностики; • мостовые и тоннельные переходы через морские проливы; • механизированный ремонт пути	• линии и сети (Япония, Европа, Китай) со скоростью до ~300–350 км/ч; • асинхронный привод; • электро-пневматические тормоза; • глубокая специализация вагонов	• диспетчерские центры управления движением поездов на полигонах до 56 тыс. км; • оптоволоконная связь; • начало цифровизации; • автоматизация сортировочных горок, параллельный роспуск составов
Прогноз после 4-й промышленной революции (примерно 2010–2035 годы)			
• дальнейшее развитие международных транспортных коридоров; • расширение контейнеризации перевозок грузов; • мировая информационная сеть; • глубокая кооперация работы государственных и частных железных дорог	• использование более лёгких и износостойких новых материалов для рельсов; • доведение межремонтного ресурса до 2,5 млрд т; • новые безбалластные конструкции пути; • автоматизированные комплексы для содержания и ремонта пути	• использование новых видов топлива на локомотивах (водород и др.); • широкое использование систем автоведения поездов; • углубление специализации вагонного парка; • авторасцепка	• широкое внедрение интеллектуальных рабочих мест (ИРМ) дежурно-диспетчерского аппарата; • интервальное бессветловое регулирование движения поездов; • значительное увеличение количества укрупнённых диспетчерских центров
Внедрение систем контроля и диагностики технических средств железных дорог, обеспечивающие достижения «абсолютной» безопасности движения поездов.			

стижения науки, то сфера использования железнодорожного транспорта не только сохранится, но и расширится. Это доказали, например, специализированные пассажирские высокоскоростные железнодорожные магистрали – ВСМ [16; 17]. При скоростях до 300–400 км/ч на расстояниях до 1000 км и даже более время в пути между центрами крупных городов при использовании ВСМ занимает меньше времени, чем при использовании авиатранспорта. И действительно там, где

построены ВСМ, а их сегодня в мире более 59 тыс. км,⁸ пассажиры массово переходят с авиационного и автомобильного транспорта на железнодорожный, потому что скорость и комфорт поездки выше.

Так и с четвёртой промышленной революцией. Если будут осваиваться её достижения,

⁸ International Union of Railways. High-Speed Rail Atlas. 4th Edition: August 2022, P. 16. [Электронный ресурс]: <https://uic.org/IMG/pdf/uic-atlas-high-speed-2022.pdf>. Доступ 06.11.2022.

то появятся и новые возможности расширения сферы использования железных дорог. Если же на других видах транспорта уйдут вперёд в освоении её достижений, то роль железнодорожного транспорта может снизиться.

Начавшаяся четвёртая промышленная революция открывает новые перспективы и ставит принципиально новые задачи перед отраслевой наукой. Появляется широкое поле деятельности для молодых исследователей. Уже в ближайшее время следует ожидать новых неожиданных изобретений, технологий, систем управления. Задача отраслевой науки – не отстать и системно включиться в решение крупной проблемы разработки конкретных решений по использованию фундаментальных достижений четвёртой промышленной революции на железнодорожном транспорте. При этом использование результатов выполненного исследования может позволить конкретизировать направления перспективных исследований в области технико-технологического развития железнодорожного транспорта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шваб К. Четвёртая промышленная революция / Пер. с англ. – М.: «Эксмо», 2016. – 138 с. (Top Business Awards). ISBN 978-5-699-90556-0. [Электронный ресурс]: http://ncrao.rsvpu.ru/sites/default/files/library/k._shvab_chetvertaya_promyshlennaya_revolyuciya_2016.pdf. Доступ 25.10.2022.
2. Жироухов Е. И. «Умный» грузовой поезд // Локомотив. – 2018. – № 10 (742). – С. 32–36. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35686781>. Доступ 25.10.2022.
3. Резер С. М., Лёвин С. Б., Резер А. В., Ляхова А. Ю. Цифровая железная дорога – настоящее и будущее // Транспорт: наука, техника, управление: Научный информационный сборник – 2019. – № 9. – С. 4–11. DOI: 10.36535/0236-1914-2019-09-1.
4. Сергеев Н. А. Интеллектуальные технологии управления движением поездов // Локомотив. – 2020. – № 1 (757). – С. 5–6. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41672015>. Доступ 25.10.2022.
5. Бржезовский А. М. Методы экспериментальной оценки боковых сил (обзор) // Вестник ВНИИЖТ. – 2017. – Т. 76. – № 1. – С. 10–18. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28862819>. Доступ 25.10.2022.
6. Пнёв А. Б., Степанов К. В., Жирнов А. А., Чернуцкий А. О., Кошелев К. И. Использование распределённых волоконно-оптических датчиков для беспилотного движения // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 12. – С. 30–31. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41531083>. Доступ 25.10.2022.

www.elibrary.ru/item.asp?id=41531083. Доступ 25.10.2022.

7. Гапанович В. А., Головин, В. И., Астрахан В. И. Методы и технические средства определения местоположения подвижного состава // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 2. – С. 10–13. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36897746>. Доступ 25.10.2022.

8. Журавлёва Л. М., Никулина Ю. А., Лебедева А. К. Перспективы графеновой наноэлектроники // Мир транспорта. – 2016. – № 1 (62). – С. 72–78. [Электронный ресурс]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/878>. Доступ 25.10.2022. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2016-14-1-8>.

9. Сергеев Н. А. Будущее – за графеновыми аккумуляторами // Локомотив. – 2018. – № 11 (743). – С. 38–39. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36357079>. Доступ 25.10.2022.

10. Новые материалы – новое качество // Управление качеством. – 2015. – № 9. – С. 52–58. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37319113>. Доступ 25.10.2022.

11. Дудоров Е. А., Кудюкин В. В., Котова К. А., Жиденко И. Г. Робототехнические комплексы для обслуживания подвижного состава // Техника железных дорог. – 2022. – № 1 (57). – С. 50–55. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48122323>. Доступ 25.10.2022.

12. Ефимова П. А. Применение роботизированных и автономных систем (РАС) в секторе технического обслуживания железных дорог // Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. Сб. статей Международной науч.-практ. конференции. – СПб.: Петергоф, 2020. – С. 36–43. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43925941>. Доступ 25.10.2022.

13. Цветков В. Я., Озмаец В. В. Мониторинг транспортной инфраструктуры с использованием интеллектуальных БПЛА // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 8. – С. 18–21. DOI: 10.34649/AT.2020.8.8.001.

14. Хахина А. М., Винниченко Д. Н. Системы геолокации и их влияние на безопасность на транспорте // Современная школа России. Вопросы модернизации. – 2022. – № 4–1 (41). – С. 65–69. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48611039>. Доступ 25.10.2022.

15. Noble, S. M., Mende, M., Grewal, D. [et al.]. The Fifth Industrial Revolution: How Harmonious Human–Machine Collaboration is Triggering a Retail and Service [R] evolution. Journal of Retailing, 2022, Vol. 98, Iss. 2, pp. 199–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jretai.2022.04.003>.

16. Киселёв И. П., Назаров О. Н. Новые горизонты высокоскоростного железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 3. – С. 67–73. Окончание. Начало см. «Железнодорожный транспорт». – 2018. – № 10–12. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37058008>. Доступ 25.10.2022.

17. Киселёв И. П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт: современные вызовы и перспективы развития // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 8. – С. 63–73. Окончание. Начало см. «Железнодорожный транспорт». – 2012. – № 11, № 12, 2013. – № 2, № 5, № 6. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20201931>. Доступ 25.10.2022.

Информация об авторах:

Сотников Евгений Александрович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник АО «ВНИИЖТ», Москва, Россия, info@vniizht.ru.

Шенфельд Константин Петрович – доктор технических наук, Москва, Россия, info@vniizht.ru.

Статья поступила в редакцию 07.11.2022, одобрена после рецензирования 09.12.2022, принята к публикации 16.12.2022.

