

УДК 625.1
DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.339-344

Железные дороги Японии: научные исследования и разработки

В.В. Космин

Независимый исследователь; г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Исследованы главные направления проводимых для железных дорог Японии научных и прикладных работ, задачи, стоящие перед железнодорожным транспортом страны, а также основные ориентиры разработанного в Японии нового пятилетнего плана научных исследований научно-исследовательского железнодорожного института Японии. Большое внимание уделено цифровизации как ключевой проблеме развития железных дорог страны на ближайшую и дальнюю перспективу. Приведены объекты цифровизации на железных дорогах Японии.

Основные научные исследования для железных дорог Японии проводит НИИ железнодорожного транспорта (RTRI), научные сотрудники которого объединены в 17 отделов и, помимо глубоких теоретических исследований, обладают мощной и развитой экспериментальной базой в составе четырех испытательных центров. Задачи RTRI: активизация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью повышения безопасности железных дорог, технологий и эксплуатации, с учетом потребностей клиентов и социальных изменений; развитие профессиональных знаний во всех аспектах железных дорог для решения стоящих перед железными дорогами задач, используя передовые научные знания; освоение передовых технологий применительно к потребностям железных дорог Японии и выход на лидирующие позиции в мире.

Рассмотрены первостепенные принципы научно-исследовательской деятельности RTRI на предстоящий период.

Ключевые слова: высокоскоростные магистрали; железные дороги; направления научных исследований; план научно-исследовательских работ; Синкансен; структура научно-исследовательского института; цифровизация железнодорожного транспорта; Япония

Japanese Railways: research and development

Vladimir V. Cosmin

Independent researcher; Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The main directions of scientific and applied work carried out for the railways of Japan, the tasks facing the country's railway transport, as well as the main guidelines of the new five-year plan for scientific research of the Scientific Research Railway Institute of Japan developed in Japan are investigated. Much attention is paid to digitalization as a key problem in the development of the country's railways in the near and long term. The objects of digitalization on the railways of Japan are presented.

The main scientific research for the Japanese railways is carried out by the Research Institute of Railway Transport (RTRI), whose researchers are united in 17 departments and, in addition to deep theoretical research, have a powerful and developed experimental base consisting of four test centers. RTRI's objectives are to intensify research and development work to improve rail safety, technology and operations, taking into account customer needs and social change; developing professional knowledge in all aspects of railways to meet the challenges faced by railways, using advanced scientific knowledge; mastering advanced technologies in relation to the needs of Japanese railways and reaching a leading position in the world.

The primary principles of RTRI research activities for the coming period are considered.

Keywords: digitalization of railway transport; directions of scientific research; high-speed lines; Japan; railways; research plan; Shinkansen; the structure of the research institute

ВВЕДЕНИЕ

Уровень научных исследований в области железнодорожного транспорта в Японии высокий [1, 2]. Именно здесь впервые в мире создана сеть высокоскоростных магистралей (ВСМ) Синкансен [3, 4]. Опыт строительства и эксплуатации ВСМ по типу Синкансен получил широкое распространение в мире (Китай, Тайвань, Великобритания, Бразилия, США [5, 6], Канада, Вьетнам [7]).

Необходимость принятия нового пятилетнего плана научных исследований и разработок на железных дорогах Японии обусловлена усложняющимися социальными проблемами, включая глобальные экологические проблемы, старение населения и региональные диспропорции в экономике. В этой связи и с учетом принятого Организацией Объединенных Наций в 2015 г. документа «Цели устойчивого развития» Правительство Япо-

нии сформулировало концепцию «Общество 5.0». Указанная концепция нацелена на создание устойчивого общества, в котором возникающие социальные проблемы будут преодолены с помощью современных технологий, основанных на быстром развитии вычислительных технологий и высокоскоростных коммуникационных технологий с большой пропускной способностью, на возможностях интернета вещей (IoT), анализе больших данных (Big Data) и искусственном интеллекте, продвигаясь от инноваций глобального масштаба к цифровому обществу.

Объем перевозок на Японских железных дорогах неуклонно растет по мере увеличения потоков иностранных туристов. Однако есть опасения, что число пользователей железных дорог в долгосрочной перспективе уменьшится из-за сокращения общей численности населения трудоспособного возраста в результате сокращения рождаемости и старения населения и вследствие других причин, связанных, в частности, с изменением режимов работы. Кроме того, очевидны необходимость поиска эффективных решений для борьбы с экстремальными погодными явлениями, старение железнодорожной инфраструктуры и дефицит рабочей силы. Ожидается, что железные дороги будут играть более важную роль в создании услуг на основе возможностей мультимодальных перевозок.

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ЯПОНИИ

Основные научные исследования для железных дорог Японии проводит НИИ железнодорожного транспорта (RTRI), научные сотрудники которого объединены в 17 отделов¹ и, помимо глубоких теоретических исследований, обладают мощной и развитой экспериментальной базой в составе 4 испытательных центров². Задачи RTRI: активизация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью повышения безопасности железных дорог, технологий и эксплуатации, с учетом потребностей клиентов и социальных изменений; развитие профессиональных знаний во всех аспектах железных дорог для решения стоящих перед железными дорогами задач, используя передовые научные знания; освоение передовых технологий применительно к потребностям железных дорог Японии и выход на лидирующие позиции в мире³.

Научно-исследовательская работа (НИР) в RTRI осуществляется в широком диапазоне и охватывает проблемы вагонов и вагонного хозяйства, постоянных устройств, энергоснабжения, путевого хозяйства, предупреждения транспортных происшествий, сигнализации и транспортной информатики, материаловедения, динамических характеристик на железных дорогах, экологических аспектов железнодорожного транспорта, гуманитарных вопросов, магнитолевитационного транспорта, сейсмоопасности.

НОВЫЙ ПЯТИЛЕТНИЙ ПЛАН НИР НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ ЯПОНИИ

В основе разработанного RTRI нового плана НИР [8, 9] — прогноз работы железнодорожного транспорта на долгосрочную перспективу, а также конкретные разработки в рамках пятилетия 2020–2025 гг. в соответствии с меняющейся деловой средой и развивающимися технологиями.

Планируется уделять особое внимание повышению безопасности железных дорог, их устойчивости к экстремальным частым стихийным бедствиям. Предстоит внедрять цифровые технологии во все области исследований, разрабатывать и внедрять инновации в железнодорожные системы (рис. 1).

К числу первостепенных принципов научно-исследовательской деятельности RTRI на предстоящий период относятся следующие.

1. Повышение безопасности с акцентом на наращивание устойчивости к стихийным бедствиям. RTRI сосредоточит внимание на исследованиях и разработках, направленных на повышение устойчивости ко все более серьезным и частым стихийным бедствиям, таким как ливни, сильный ветер и катастрофические землетрясения. Будут активизированы работы для предотвращения отказов постоянных устройств железнодорожной инфраструктуры и транспортных средств, преодоления проблемы их старения. Предстоит изучение катастроф и несчастных случаев и разработка мер по восстановлению объектов железнодорожного транспорта, предотвращению их разрушения. Намечено создать эффективную систему для оценки рисков стихийных бедствий в режиме реального времени и для поддержки оперативного управления движением поездов для обеспечения безопасности и скорейшего его восстановления при перерывах, используя данные о погоде и землетрясениях, измеренных высокоплотной современной

¹ Organizations // Railway Technical Research Institute. URL: https://www.rtri.or.jp/eng/rtri/about_org.html

² Testing Stations and Centers // Railway Technical Research Institute. URL: https://www.rtri.or.jp/eng/rtri/about_test.html

³ Vision of RTRI // Railway Technical Research Institute. URL: https://www.rtri.or.jp/eng/rtri/about_vision.html



Рис. 1. Основные направления перспективных исследований на железных дорогах Японии

государственной сетью наблюдений, и технологии моделирования, разработанные в RTRI.

2. Развитие инновационных железнодорожных систем на основе цифровых технологий привлечет особое внимание RTRI. Будут проводиться исследования с целью внедрения на железных дорогах цифровых технологий, включая технологию IoT, анализ больших данных и методы искусственного интеллекта, сочетая передовую обработку информации и высокоскоростные телекоммуникационные сети, такие как 5G. С помощью цифровизации предусматривается создавать трудосберегающие технологии, такие как беспилотная эксплуатация поездов и цифровое обслуживание, чтобы решить проблему дефицита рабочей силы при эксплуатации железных дорог. Намечаются исследования и разработки для увеличения скоростей движения на сети Синкансен без ущерба окружающей среде и без снижения показателей энергосбережения на железных дорогах. Кроме того, RTRI начнет работу по созданию новых услуг для клиентов, таких как МaaS (мобильность как услуга).

3. Комплексные исследования будут продолжены в RTRI с ориентацией на железные дороги будущего, на практические технологии, которые потребуют быстрого внедрения в эксплуатацию железных дорог. Также предстоят и фундаментальные исследования для анализа явлений, характерных для железных дорог, особенно на перспективу. Предусматривается дальнейшее совершенствование разработанных и применяемых в Японии технологий моделирования, создание оригинальных испытательных и исследовательских центров.

Наряду с быстрой разработкой технологий, обладающих высокой эффективностью применительно к условиям реальной эксплуатации железных дорог, предоставляющих железнодорожным компаниям практические и своевременные решения, RTRI активизирует фундаментальные исследования, которые станут источником инновационных технологий. Тематами фундаментальных работ будут прогно-

зирование погодных катастроф, стабильность движения транспортных средств и улучшение условий движения на трассе, механизмы и методы проверки ухудшения ситуаций и развития повреждений, а также человеческий фактор, увеличение износа и удлинение срока службы, эффективность новых технологий, материалов и методов исследования.

RTRI намечает и в дальнейшем стратегически развивать международную стандартизацию железных дорог, чтобы поддерживать и совершенствовать японские железнодорожные технологии и содействовать их продвижению на зарубежные рынки.

Выступая как японский зеркальный комитет ISO (Международная организация по стандартизации) и IEC (Международная электротехническая комиссия), RTRI предложит проекты железнодорожных стандартов из Японии и возьмет на себя ведущую роль в отражении японской политики и технологий проектирования в стандартах, предлагаемых другими странами. В то же время RTRI будет изучать деятельность по стандартизации влиятельных на международном уровне железнодорожных организаций и принимать необходимые меры. Вместе с взаимодействующими с RTRI организациями также предстоит рассмотрение других вопросов стандартизации, с которыми в настоящее время сталкивается железнодорожный сектор Японии, включая кодификацию японских технологий и ноу-хау, изучение схемы сертификации.

В целях расширения своих технических возможностей и глобального присутствия RTRI расширит совместную деятельность с зарубежными университетами и исследовательскими организациями, увеличит число исследователей, которые будут отправляться за рубеж, и улучшит качество и количество информации, которой RTRI будет делиться во всем мире. RTRI также увеличит скорость и качество своей исследовательской деятельности за счет последних тенденций зарубежных исследований и приема большего числа приезжающих

исследователей из-за рубежа. RTRI продолжит свой вклад в развитие японских железнодорожных технологий на зарубежных рынках.

В новом генеральном плане RTRI «Исследование 2025» одним из основных направлений политики компании является тематика «Инновация железнодорожных систем посредством цифровых технологий». Чтобы продолжить исследования и разработки для этой цели быстро и комплексно, RTRI создал и запустил «Проект инноваций в области цифровых технологий». В рамках проекта весь персонал будет совместно и скоординировано работать над продвижением цифровизации железнодорожных систем, проводя фундаментальные исследования в области анализа изображений и искусственного интеллекта

та и в кратчайшие сроки добиваясь результатов исследований и разработок с использованием новейших технологий цифровизации (рис. 2).

Исследовательская деятельность в рамках указанного направления предусматривает следующие цели:

- разработка мер по инновационному функционированию железных дорог с использованием технологий цифровизации; выявление новых технических проблем, которые будут способствовать обновлению железнодорожных систем с применением современных технологий цифровизации;
- исследования и разработки для решения новых технических задач;

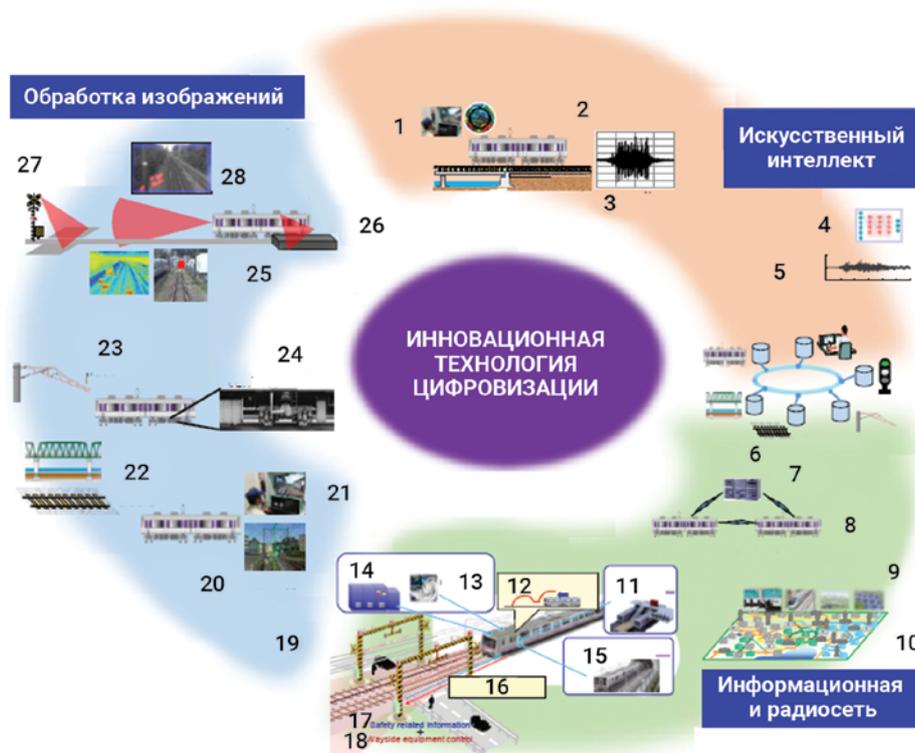


Рис. 2. Объекты цифровизации на железных дорогах Японии [6]: 1 – оценка состояния машинистов на основе физиологических показателей; 2 – техническое обслуживание транспортных средств на основе информации от бортовых датчиков и мониторинг состояния подвижного состава; 3 – раннее обнаружение дефектов конструкций постоянных устройств и пути на основе информации от бортовых датчиков; 4 – автоматизация процессов машинного обучения; 5 – раннее предупреждение о землетрясениях на основе машинного обучения с использованием сейсмических волн; 6 – платформа обработки данных; 7 – применение 5G и техники миллиметровых волн для управления движением поездов; 8 – межпоездная связь; 9 – согласованное управление мощностями, включая внешнюю сеть; 10 – энергосберегающее управление движением поездов; 11 – информация о пассажирах на ближайших станциях; 12 – автоматическое построение маршрута и выбор движения; 13 – информация о природных катастрофах и путевых работах; 14 – поездная информация на линии; 15 – информация о местоположении ближайших поездов; 16 – управление передачей данных для обеспечения кибернетической безопасности; 17 – информация о безопасности; 18 – управление напольным оборудованием; 19 – автоматическое принятие решений в отношении движения поездов на основе путевой и поездной информации и управление напольными устройствами с применением радиосвязи; 20 – предупреждение снижения уровня активности машиниста; 21 – обучение машинистов с применением отслеживания движений глаз; 22 – мониторинг состояния искусственных сооружений и пути; 23 – мониторинг состояния контактной сети; 24 – мониторинг состояния подвагонного оборудования; 25 – выявление препятствий на пути и за его пределами; 26 – мониторинг безопасности в зоне поезда; 27 – выявление препятствий на переезде; 28 – выявление опасностей на соседних путях

- комплексные и системные исследования и разработки с помощью координации различных областей и тем, использующих одни и те же цифровые методы;

- развитие ноу-хау и ресурсов для исследований. В 2020 финансовом году предусмотрено 40 исследовательских проектов, ориентированных на внедрение анализа изображений, искусственного интеллекта, телекоммуникаций и сетевых технологий в железнодорожные операции.

Предполагается разработка методов и технологий анализа изображений для обнаружения препятствий, находящихся на расстоянии до 600 м перед поездом, и визуализации объектов, которые трудно распознать человеческим глазом, с целью повышения безопасности и внедрения инноваций в работу железных дорог. В частности, предстоит создать систему обнаружения препятствий на пути на основе анализа изображений перед поездом и в зоне вокруг него, систему для поддержки визуального мониторинга пути и систему мониторинга на основе состояния транспортных средств, конструкций постоянных устройств и пути.

Планируется подготовить методы автоматического получения данных машинного обучения, которые могут быть полезны для выявления неисправностей на железнодорожных объектах, а также метод отслеживания управления поездом и принятия решений.

В состав намеченных работ входит метод раннего обнаружения неисправностей рельсового пути и сооружений и оценки состояния оборудования транспортного средства с использованием цифровых данных, измеренных на борту, а также метод оценки состояния машинистов поездов на основе индивидуальных физиологических показателей. Предстоит разработать базовые технологии, в том числе метод раннего предупреждения о землетрясениях с использованием информации машинного обучения с учетом анализа сейсмических волн.

Планируется изучение применения систем мобильной связи 5G и миллиметровых волн для управления безопасностью. Ожидается, что эта технология будет поддерживать беспилотную работу поездов, которая станет более устойчивой с меньшим количеством наземного оборудования.

Намечена разработка беспилотных систем движения поездов, которые управляют путевым оборудованием в ходе движения на базе цифровой информации о состоянии путей и напольных устройств, что будет способствовать предотвращению крушений, аварий и т.п. с использованием данных о техническом обслуживании, а также о потоках пассажиров. Предстоит разработка энергоберегающих технологий.

Беспилотный метод управления движением поездов предусматривает управление путевым

оборудованием, таким как стрелочные переводы и железнодорожные переезды, и самостоятельную установку маршрутов и скоростных режимов. Предполагается, что в результате будет сокращено количество наземного оборудования и обеспечено движение поездов без машиниста.

Метод раннего обнаружения неисправностей для путей и объектов с помощью бортовых данных цифрового зондирования позволит обнаруживать их на раннем этапе просадки пути, просадки и уклоны опор мостов, предотвратить сбои в работе поездов и аварии, более эффективно проводить техническое обслуживание за счет планового ремонта и усиления.

Улучшенный метод обнаружения неисправностей в элементах воздушных линий предусматривает использование изображений, получаемых с помощью бортовых камер, для выявления отрывов поперечных стержней на переходах по информации об их форме и цвете и т.д. Появится возможность экономить трудозатраты на обслуживание воздушных линий и повысить эффективность обслуживания объектов в целом.

Намечаемый к разработке метод раннего обнаружения землетрясений с машинным обучением на основе Big data и в реальном времени призван повысить эффективность раннего предупреждения о землетрясениях. Используя большие массивы сведений о волновых формах, измеренных сейсмометрами, появится возможность различать шумы, вызванные сотрясениями землетрясений и вибрациями поездов, а также оценивать элементы землетрясений.

Предстоят исследования по применению в эксплуатации коммерческих поездов систем обнаружения неисправностей посредством методов машинного обучения в отношении данных о вибрации транспортного оборудования. Для этого потребуется разработать метод автоматической обработки материалов машинного обучения, например, для исключения аномальных данных из общего их числа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проводимые в Японии научные исследования и разработки в области железнодорожного транспорта характеризуются разнообразием, широтой и глубоким теоретическим уровнем, нацелены на решение важных для экономики и транспорта страны социально-экономических и инженерно-экологических задач в целом для страны и для ее железнодорожного транспорта. В соответствии с современными тенденциями развития транспорта обоснованно большое внимание уделено цифровизации на железных дорогах, охватывающей широкий диапазон хозяйств железнодорожного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдаков И.Ю. Транспорт Японии: особенности стратегии инновационного развития // История и современность. 2012. № 2 (16). С. 189–196.
2. Авдаков И.Ю. Японский железнодорожный транспорт: настоящее и будущее // Восточная аналитика. 2017. № 1–2. С. 14–16.
3. Татэмацу Тосихико, Кума Сатоси, Исихара Есно и др. Скоростные железные дороги Японии / пер. с япон. М.: Транспорт, 1984. 199 с.
4. Semmens P. High Speed in Japan: Shinkansen the World's Busiest High Speed Railway. Sheffield, UK: Platform 5 Publishing, 1997. 112 p.
5. U.S. wants to study shinkansen technology Saturday, May 16, 2009 // The World's Window on Japan. The Japan Times Online. URL: <https://archive.is/20120718133636/search.japantimes.co.jp/cgi-bin/nn20090516a2.html>
6. U.S. railroad official seeks Japan's help. May 16, 2009 // UPI. URL: https://www.upi.com/Top_News/2009/05/16/US-railroad-official-seeks-Japans-help/84921242508429/?ur3=1
7. Киселев И.П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт и перспективы его развития в мире // Транспорт Российской Федерации. 2012. № 5 (42). С. 44–51.
8. Digitalization Technology Innovation Project Started. News Release. April 30, 2020 // Railway Technical Research Institute. URL: https://www.rtri.or.jp/eng/press/2020/nr202003_detail.html
9. The New Master Plan "RESEARCH 2025" Developed. December 12, 2019 // Railway Technical Research Institute. News Release. URL: https://www.rtri.or.jp/eng/press/2019/nr201909_detail.html

REFERENCES

1. Avdakov I.Yu. The peculiarities of the innovative Japanese transport development strategy. *History and Modernity*. 2012; 2(16):189-196. (In Russian).
2. Avdakov I.Yu. Japanese railway transport: the present and the future. *Eastern Analytics*. 2017; 1-2:14-16. (In Russian).
3. Tatematsu Toshihiko, Kuma Satoshi, Ishihara Yesno et al. *High-speed railways of Japan* / transl. from Japanese. Moscow, Transport, 1984; 199. (In Russian).
4. Semmens P. *High Speed in Japan: Shinkansen the World's Busiest High Speed Railway*. Sheffield, UK: Platform 5 Publishing, 1997; 112.
5. U.S. wants to study shinkansen technology Saturday, May 16, 2009. *The World's Window on Japan*. *The Japan Times Online*. URL: <https://archive.is/20120718133636/search.japantimes.co.jp/cgi-bin/nn20090516a2.html>
6. U.S. railroad official seeks Japan's help. May 16, 2009. *UPI*. URL: https://www.upi.com/Top_News/2009/05/16/US-railroad-official-seeks-Japans-help/84921242508429/?ur3=1
7. Kiselev I.P. High-speed rail transport and its worldwide development perspectives. *Transport of the Russian Federation*. 2012; 5(42):44-51. (In Russian).
8. Digitalization Technology Innovation Project Started. News Release. April 30, 2020. *Railway Technical Research Institute*. URL: https://www.rtri.or.jp/eng/press/2020/nr202003_detail.html
9. The New Master Plan "RESEARCH 2025" Developed. December 12, 2019. *Railway Technical Research Institute*. *News Release*. URL: https://www.rtri.or.jp/eng/press/2019/nr201909_detail.html

Об авторе

Владимир Витальевич Космин — кандидат технических наук, академик Российской академии транспорта; **независимый исследователь**; г. Москва, Российская Федерация; vvcosmin@mail.ru.

Bionotes

Vladimir V. Kosmin — Cand. Sci. (Eng.), member of the Russian Academy of Transport; **independent researcher**; Moscow, Russian Federation; vvcosmin@mail.ru.

Для ЦИТИРОВАНИЯ: Космин В.В. Железные дороги Японии: научные исследования и разработки // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. Вып. 4. С. 339–344. DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.339-344

FOR CITATION: Kosmin V.V. Japanese Railways: research and development. *Transport technician: education and practice*. 2020; 1(4):339-344. (In Russian). DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.339-344

Поступила в редакцию 20 августа 2020 г.

Принята в доработанном виде 17 сентября 2020 г.

Одобрена к публикации 2 ноября 2020 г.

Received August 20, 2020.

Adopted in a revised form on September 17, 2020.

Approved for publication on November 2, 2020.

© В.В. Космин, 2020