

Научная статья
УДК 625 : 681.5
doi:10.46684/2687-1033.2021.4.411-417

Когнитивный анализ автоматизации управления локомотивами в различных странах мира

М.Д. Хабаров¹, А.В. Сугоровский² ✉

^{1,2} Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); г. Санкт-Петербург, Россия

¹ 382ztr@gmail.com

² gthdsq555@yandex.ru ✉

АННОТАЦИЯ

Автоматизация управления грузовыми поездами будет способствовать уменьшению числа сотрудников, занятых в управлении движением; сокращению затрат железнодорожных компаний, связанных с выплатой заработной платы работникам; повышению прибыли и увеличению конкурентных преимуществ по сравнению с другими видами транспорта.

В рамках технического прогресса для развития железнодорожной техники автоматизация систем управления подвижным составом в текущем периоде является одной из существенных задач. В транспортной отрасли народного хозяйства наблюдается развитие технологии беспилотного движения за счет внедрения системы автоматического управления, которая должна обеспечивать безопасность, ведение и управление поездом, контролировать свободу пути, выявлять и обрабатывать внештатные ситуации. Большое значение имеет создание современных цифровых платформ, которые позволяют повысить безопасность и экономичность перевозок.

Проанализированы методом сопоставлений максимальные уровни автоматизации управления грузовыми магистральными поездами и маневровыми локомотивами, которых удалось достичь некоторым странам мира.

Применение полностью автоматизированного движения целесообразно на крупных сортировочных станциях, промышленных предприятиях, там, где технологические операции осуществляются циклами, например при надвиге подвижного состава на вагоноопрокидыватели на металлургических заводах, в морских портах при перевалке угля.

Ключевые слова: автоведение; беспилотное движение; железнодорожный транспорт; локомотив; пропускная способность; цифровая модель станции; техническое зрение

Для цитирования: Хабаров М.Д., Сугоровский А.В. Когнитивный анализ автоматизации управления локомотивами в различных странах мира // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2. Вып. 4. С. 411–417. <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.4.411-417>.

Original article

Cognitive analysis of locomotive control automation in different countries of the world

Mikhail D. Khabarov¹, Anton V. Sugorovsky² ✉

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University; St. Petersburg, Russian Federation

¹ 382ztr@gmail.com

² gthdsq555@yandex.ru ✉

ABSTRACT

Automation of freight train management will help reduce the number of employees involved in traffic management, reduce the costs of railway companies associated with paying wages to employees, increase profits and increase competitive advantages over other modes of transport.

Within the framework of technical progress for the development of railway technology, the automation of rolling stock control systems in the current period is one of the essential tasks. In the transport sector of the na-

tional economy, the development of unmanned movement technology is observed due to the introduction of an automatic control system, which should ensure the safety, conduct and control of the train, monitor the free path, identify and handle emergency situations. It is of great importance to create modern digital platforms that improve the safety and efficiency of transportation.

The article discusses the maximum levels of automation of control of main-line freight trains and shunting locomotives, which some countries of the world have managed to achieve.

Keywords: driving; unmanned movement; railway transport; locomotive; throughput; digital model of the station; technical vision

For citation: Khabarov M.D., Sugorovsky A.V. Cognitive analysis of locomotive control automation in different countries of the world. *Transport technician: education and practice*. 2021;2(4):411-417. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/10.46684/2687-1033.2021.4.411-417>.

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожные компании мира стремятся к сокращению ручного труда, обеспечивающего перевозочный процесс; повышению безопасности движения; развитию автоматизации рабочих процессов. Вопросы применения беспилотных технологий на российском железнодорожном транспорте рассмотрены в работах [1–3], на зарубежных дорогах — в публикациях [4–6]. Для реализации автоматизированного движения рационально использовать цифровую модель пути [7], электронную карту [8], системы технического зрения [9, 10], высокоточного позиционирования [11] и др. Одним из компонентов совершенствования систем управления перевозочным процессом [12, 13] может являться автоматизированное движение. Задача исследования — изучение зарубежного опыта развития систем управления в грузовом движении. Цель исследования состоит в выработке рекомендаций по внедрению в России успешных мировых решений и технологий в области автоматизации управления локомотивами. Научная значимость настоящей работы заключается в возможности применения результатов исследования в российской действительности.

АНАЛИЗ ОПЫТА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКОМОТИВАМИ

В области автоматизации управления грузовыми локомотивами Нидерланды — одна из наиболее развитых стран. Компании Alstom, ProRail и Rotterdam Rail Feeding [14] в числе первых провели на двухпутной грузовой линии Betuweroute в Нидерландах тестирование грузового поезда с системой автоведения при полуавтоматическом управлении движением. Протестирована система, управляющая разгонами и торможениями; систе-

ма распознавания, которая при необходимости подавала сигнал торможения.

Опыт показал, что при применении данной технологии операционные издержки снижаются, энергоэффективность увеличивается, а поезда способны двигаться с меньшими интервалами попутного следования.

Примером другой страны, в которой проводятся испытания автоматизированного управления локомотивами, является Франция. Испытания беспилотного локомотива, выполняющего все свои основные функции в автоматическом режиме, проходили в декабре 2020 г. на участке между станциями Longwy и Longuey (13 км). Локомотив Prima BB 27000 эксплуатировался в беспилотном режиме, хотя на его борту присутствовал машинист, готовый взять управление на себя в случае возникновения нештатной ситуации. В процессе испытаний проверена эффективность функционирования системы технического зрения, включающей видеокамеры и лидары, а также алгоритмов обработки поступающих от нее потоков данных при скорости движения поезда до 100 км/ч.

В конце 2020 г. выполнены динамические испытания на полигоне корпорации Alstom. Рядом с железнодорожным путем были установлены фигуры людей, коров и овец. Машинист осуществлял экстренное торможение после обнаружения системой технического зрения препятствий для движения. Система, состоящая из видеокамер и лидаров, обнаруживала и распознавала посторонний объект на пути на расстоянии более 1000 м, что позволяло машинисту останавливать поезд на расстоянии порядка 150 м от выявленного объекта¹.

Наибольших успехов в развитии магистрального автоматизированного движения достигла компания Rio Tinto в Австралии, которая закончила испытания проекта Autohaul в 2019 г. [15] по автоведению грузовых магистральных локомотивов без машиниста в кабине. Сейчас на сети обращаются

¹ Французское государственное предприятие, управляющее железными дорогами. URL: snecf.com

до шестидесяти поездов, которые перевозят руду из шахт в порты в автоматизированном режиме. Управление поездом с участием человека необходимо только при подаче и уборке вагонов на территории порта.

Локомотивы оборудованы датчиками обнаружения препятствий и датчиками движения, средствами видеонаблюдения. Показания бортовых устройств определения местоположения поезда корректируются при проходе установленных на пути приемопередатчиков. Бортовое устройство ав-

товедения получает информацию из центра управления и от бортового устройства АЛС. Оператор в центре управления может контролировать состояние всех поездов и локомотивов на сети [15].

В целях снижения потенциальных рисков аварий на сети компании места железнодорожных переездов оборудовали системами обнаружения препятствий, освещения и видеонаблюдения (рис. 1). Записи с камер передаются в центр управления в Перте (рис. 2). При возникновении опасности информация с сервера передается на локомотив.



Рис. 1. Переезд, оснащенный средствами освещения, видеонаблюдения и лазерными системами обнаружения препятствий²



Рис. 2. Рабочее место оператора в центре управления в Перте³

² Карты Google. URL: <https://www.google.ru/maps>

³ World first delivery of iron ore with world's largest robot. URL: <https://clck.ru/UuZQt>

В результате автоматизации отменены остановки для смены локомотивных бригад, расстояние между поездами уменьшилось до 10 км, к тому же пропускная способность повысилась на 30 % [16]. В результате расходы на эксплуатацию снизились, экономическая эффективность повысилась.

Автоматизацией движения локомотивов занимаются и в России. На станции Лужская автоматизированные локомотивы с машинистом-наблюдателем в кабине осуществляют формирование и расформирование составов (рис. 3). Внедряются системы технического зрения и управления движением маневровых локомотивов и инфраструктурой. Система автоматического управления локомотивами ТЭМ7А, автоматизированные рабочие места дистанционного управления, цифровая радиосвязь, система МАЛС, цифровая модель станции, МПЦ стрелок и сигналов, система MSR32 образуют комплекс управления маневровыми передвижениями. Маневровые локомотивы большую часть времени работают в полностью автоматическом режиме, автоматически двигаются по заданному маршруту, подъезжают к вагонам и сцепляются с ними, осуществляют надвиг вагонов на сортировочную горку. На маневровых локомо-

тивах установлена система технического зрения, состоящая из радаров, лидара и камер, разработанная специалистами АО «НИИАС»⁴.

На локомотивах используется маневровая автоматическая локомотивная сигнализация, которая позволяет применять беспилотные технологии управления железнодорожным подвижным составом при маневрах на станциях⁶. Параметры для проведения маневров задаются с автоматизированного рабочего места и локомотив самостоятельно выполняет заданную операцию. Машинист контролирует правильность выполнения технологической операции.

Показания светофоров и данные о положении стрелки применяются для однозначной идентификации планируемого маршрута движения.

На основе технического зрения разработана система обнаружения объектов на пути локомотива, которая необходима для повышения безопасности движения. К марту 2021 г. система могла распознавать объекты на расстоянии до 700 м. Планируется увеличить это значение до 1 км.

Обнаружение препятствий производится на основе лидарных данных, работы нейронных сетей и информации стереозрения.



Рис. 3. Стационарный пульт управления и контроля беспилотными локомотивами на станции Лужская⁵

⁴ Развитие беспилотных технологий на железнодорожном транспорте. URL: <https://habr.com/ru/post/502202/>

⁵ Дистанционное управление и беспилотники. URL: <https://habr.com/ru/post/502252/>

⁶ Маневровая автоматическая локомотивная сигнализация. URL: <http://mals.su>

От маневрового локомотива требуется автоматическая сцепка с вагонами, которые находятся по ходу его движения, но не являются препятствиями.

Для дистанционного контроля и управления беспилотными локомотивами применяется стационарный пульт, размещенный на посту электрической централизации. С помощью пульта можно управлять одним из подключенных локомотивов, при этом задержка передачи информации составит не более 300 мс с учетом передачи данных по радиоканалу.

В результате использования системы автоматизированного управления маневровыми локомотивами сократились простои, связанные с человеческим фактором.

ТРЕНДЫ В АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКОМОТИВАМИ (В РОССИИ И В МИРЕ)

На сегодняшний день большинство зарубежных проектов использования беспилотных локомотивов находится на начальной стадии реализации. В практике автоматизации управления локомотивами сложились тренды внедрения систем технического зрения и дистанционного контроля за движением локомотивов.

На железных дорогах мира наблюдается тенденция отказа от светофоров и переход на системы управления по цифровому радиоканалу.

Во второй половине 2021 г. пройдут испытания полностью автоматического управления маневровых локомотивов в Нидерландах. Локомотивная бригада останется в кабине локомотива, при этом движение, управление тягой и тормозами станут автоматизированными. Тепловозы будут оборудованы интеллектуальной системой обнаружения препятствий и распознавания окружающей обстановки.

В странах со сложными климатическими условиями зимой может сложиться ситуация, когда железнодорожная колея находится под слоем снега, тогда ее распознавание становится сильно затруднено и не будет очевидно, есть ли препятствия движению. В таком случае в России для определения колеи применяется цифровая модель станции и бортовая система навигации⁷.

Для повышения эффективности интервального регулирования движения грузовых поездов на российских железных дорогах с использованием инновационной отечественной системы автоблокировки с подвижным блок-участком (АБТУ-МШ) активно внедряется технология «Виртуальная сцепка», позволяющая за счет обмена по цифро-

му радиоканалу информацией о режиме движения между локомотивами ведущего и ведомого поездов, сократить интервал между попутно следующими поездами. При этом оба локомотива следуют в режиме автоведения. Для синхронизации режимов ведения «соединенного» поезда (без физического соединения поездов) применяется интеллектуальная система автоматического ведения поезда с распределенной тягой (ИСАВП-РТ-М). Светофоры при использовании новой системы не нужны [17].

В настоящее время технология «Виртуальная сцепка» внедрена на участках Слюдянка-1 – Большой Луг и Яблоновая – Лесная на Дальневосточной и Забайкальской дорогах Восточного полигона (ВП). В 2022 г. планируется 51 % парка локомотивов ВП оснастить бортовой системой ИСАВП-РТ-М и ввести до пяти попутно следующих грузовых поездов в режиме виртуальной сцепки.

До 2025 г. эту технологию предполагается распространить на всю восточную часть Транссиба.

В перспективе — создание на российских железных дорогах радиоблокцентра, который даст возможность управлять десятками поездов из одного места. Посредством цифрового радиоканала на локомотив будут передаваться график движения поезда и ограничения скорости, а вдоль железной дороги развернут ретрансляторы [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технические затруднения для повсеместного использования беспилотных технологий на магистральном транспорте незначительны. Однако требуются тщательные испытания в естественных условиях для выявления и предотвращения вероятных отказов в работе систем автоматизированного управления движением. Так же эксплуатация локомотивов в грузовом движении на российской железнодорожной сети осложняется отсутствием на некоторых перегонах зоны действия связи, а значит, и возможности удаленного непрерывного контроля. Юридические ограничения на эксплуатацию локомотива без машиниста в перспективе будут ослаблены или полностью сняты. Рабочая группа для решения этого правового вопроса уже отправила в Министерство транспорта проекты приказов о внесении изменений в ПТЭ и другие нормативные документы.

Применение полностью автоматизированного движения целесообразно на крупных сортировочных станциях, промышленных предприятиях, там, где технологические операции осуществляются циклами, например при надвиге подвижного состава на вагоноопрокидыватели на металлурги-

⁷ Развитие беспилотных технологий на железнодорожном транспорте. URL: <https://habr.com/ru/post/502202/>

ческих заводах, в морских портах при перевалке угля.

Появление полностью автоматических поездов будет способствовать повышению равномерности движения и пунктуальности перевозок, благодаря гармонизации ниток графика и оптимизации скорости; увеличению пропускной способности

железнодорожной сети; повышению плотности движения составов на сильно перегруженных узких местах железнодорожной сети; возможности эффективнее и быстрее ликвидировать негативные последствия, возникающие в результате непредвиденных событий; росту экологической безопасности железнодорожного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев К.Н., Саланов А.Е. Беспилотные технологии в российском железнодорожном транспорте // Концепции развития и эффективного использования научного потенциала общества: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2021. С. 61–64.
2. Андреев В.Е. Перспективы применения беспилотных технологий в ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2019. № 8. С. 33–35.
3. Попов П.А. На пути к беспилотному движению // Автоматика, связь, информатика. 2017. № 10. С. 16–17.
4. Перспективы автоведения поездов на магистральных линиях // Железные дороги мира. 2016. № 6. С. 57–62.
5. Автоведение и технологии беспилотного управления локомотивами: проекты Alstom в Нидерландах и Германии // Железные дороги мира. 2020. № 9. С. 65–69.
6. Проект беспилотного поезда SNCF // Железные дороги мира. 2018. № 7. С. 67–69.
7. Якушев Д.А. Цифровая модель пути для беспилотного управления движением поездов // Автоматика, связь, информатика. 2021. № 4. С. 35–39. DOI: 10.34649/AT.2021.4.4.005
8. Якушев Д.А. Электронная карта для беспилотного управления движением поездов // Железнодорожный транспорт. 2019. № 12. С. 34–36.
9. Охотников А.Л. Системы технического зрения: тенденции развития // Железнодорожный транспорт. 2020. № 9. С. 44–51.
10. Куренков А.С. Тренажерные технологии для обучения и тестирования систем технического зрения // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 7. С. 28–29.
11. Попов П.А., Иванов В.Ф. Система высокоточного позиционирования беспилотного подвижного состава // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 4. С. 16–20. DOI: 10.34649/AT.2020.4.4.003
12. Покровская О.Д., Роднева Е.С. Совершенствование систем управления перевозочным процессом на полигоне Северной железной дороги // Техник транспорта: образование и практика. 2021. Т. 2. № 1. С. 87–96. DOI: 10.46684/10.46684/2687-1033.2021.1.87-96
13. Покровская О.Д., Коровяковский Е.К. Терминалистика – организация и управление в транспортных узлах // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2016. Т. 13. № 4 (49). С. 509–520.
14. Во Франции прошли испытания первого локомотива в режиме автоведения поверх ETCS // Железные дороги мира. 2021. URL: <https://clck.ru/UnRTA>
15. Ефремов А.Ю. Беспилотные тяжеловесные поезда на сети компании Rio Tinto в Австралии // Железные дороги мира. 2020. № 1. С. 61–66.
16. Вестник цифровой трансформации РЖД // Российская общедоверительная газета железнодорожников «Гудок». 2020. № 1. URL: <https://gudok.ru/vestnik-cki/?ID=1501041&archive=2019.03.23>
17. Виртуальная сцепка для пяти составов // Российская общедоверительная газета железнодорожников «Гудок». 2021. № 183 (27277). URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1581979>
18. Виртуальную сцепку показали в реальном времени // Российская общедоверительная газета железнодорожников «Гудок». 2021. № 118 (27212). URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1571259>

REFERENCES

1. Yakovlev K.N., Salanov A.E. Unmanned technologies in Russian railway transport. *Concepts for the development and effective use of the scientific potential of society: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference*. Ufa, 2021;61-64. (In Russ.).
2. Andreev V.E. Prospects for the use of unmanned technologies in JSC "Russian Railways". *Railway Transport*. 2019;8:33-35. (In Russ.).
3. Popov P.A. On the way to autonomous movement. *Automation, Communication, Informatics*. 2017;10:16-17. (In Russ.).
4. Perspectives of auto-driving of trains on main lines. *World Railways*. 2016;6:57-62. (In Russ.).
5. Automotive science and technologies of unmanned locomotive control: Alstom projects in the Netherlands and Germany. *World Railways*. 2020;9:65-69. (In Russ.).
6. Project of the unmanned train SNCF. *World Railways*. 2018;7:67-69. (In Russ.).
7. Yakushev D.A. Digital model of the railway for automatic train operation. *Automation, Communication, Informatics*. 2021;4:35-39. DOI: 10.34649/AT.2021.4.4.005 (In Russ.).

8. Yakushev D.A. Electronic map for unmanned control of train traffic. *Railway Transport*. 2019;12:34-36. (In Russ.).
9. Okhotnikov A.L. Technical vision systems: development trends. *Railway Transport*. 2020;9:44-51. (In Russ.).
10. Kurenkov A.S. Training technologies for training and testing of technical vision systems. *Automation, Communication, Informatics*. 2020;7:28-29. (In Russ.).
11. Popov P.A., Ivanov V.F. High-precision localization system for self-driving railway transport. *Automation, Communication, Informatics*. 2020;4:16-20. DOI: 10.34649/AT.2020.4.4.003 (In Russ.).
12. Pokrovskaya O.D., Rodneva E.S. Improvement of management systems for the transportation process at the test site of the northern railway. *Transport Technician: Education and Practice*. 2021;2(1):87-96. DOI: 10.46684/10.46684/2687-1033.2021.1.87-96 (In Russ.).
13. Pokrovskaya O.D., Korovyakovskij E.K. Terminalistics: organization and management in transport hubs. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2016;13(4):(49):509-520. (In Russ.).
14. In France, the first locomotive was tested in the automatic driving mode on top of ETCS. *World Railways*. 2021. URL: <https://clck.ru/UnRTA> (In Russ.).
15. Efremov A.Yu. Unmanned heavyweight trains on Rio Tinto's railway network in Australia. *World Railways*. 2020;1:61-66. (In Russ.).
16. Bulletin of digital transformation of Russian Railways. *Russian federal newspaper of railway workers "Gudok"*. 2020;1. URL: <https://gudok.ru/vestnik-cki/?ID=1501041&archive=2019.03.23> (In Russ.).
17. Virtual coupling for five trains. *Russian federal newspaper of railway workers "Gudok"*. 2021;183(27277). URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1581979> (In Russ.).
18. The virtual coupling was shown in real time. *Russian federal newspaper of railway workers "Gudok"*. 2021;118(27212). URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1571259> (In Russ.).

Об авторах

Михаил Дмитриевич Хабаров — обучающийся; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)**; 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; 382ztr@gmail.com;

Антон Васильевич Сугоровский — кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)**; 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; РИНЦ ID: 660479, SPIN-код: 6572-5865; gthdsq555@yandex.ru.

Bionotes

Mikhail D. Khabarov — student; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University**; 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation; 382ztr@gmail.com;

Anton V. Sugorovsky — Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Operations Management; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University**; 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation; RSCI ID: 660479, SPIN-code: 6572-5865; gthdsq555@yandex.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Антон Васильевич Сугоровский, gthdsq555@yandex.ru.

Corresponding author: Anton V. Sugorovsky, gthdsq555@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 31.05.2021; одобрена после рецензирования 04.10.2021; принята к публикации 30.10.2021.

The article was submitted 31.05.2021; approved after reviewing 04.10.2021; accepted for publication 30.10.2021.