Цифровизация железнодорожного транспорта в России

А. М. Романчиков,
к. т. н.,
генеральный директор
ООО «ЛокоТех-Сигнал»

В. А. Гросс,
технический директор
ООО «ЛокоТех-Сигнал»

Д. В. Ефанов,
д. т. н., доцент,
руководитель
направления систем
мониторинга
и диагностики
ООО «ЛокоТех-Сигнал»

А. Ю. Васильев,
главный специалист
ООО «ЛокоТех-Сигнал»

В статье обозначены основные пути цифровизации железнодорожного транспорта в России, сформулированы основные задачи, решение которых позволит приблизить переход к цифровизации железнодорожного комплекса, и приведены те составляющие, которые должны активно развиваться в ближайшее десятилетие.

Одна из важнейших задач современности — развитие транспортных технологий. Игнорировать информационные системы, не использовать их на транспорте (в частности, на железнодорожном) означает «откатываться назад», упускать возможность оптимизации ресурсов, капиталовложений, затрат и соответственно, получения выгоды. Основные транспортные отрасли активно применяют новые технологии **[1–4]**. Высокая конкуренция на рынке транспортировки грузов требует повышения эффективности железных дорог, их привлекательности для клиентов. Решение сложных оптимизационных задач управления движением в транспортных комплексах будущего немыслимо без внедрения искусственного интеллекта в объекты инфраструктуры и подвижные единицы. Поэтому в железнодорожном сообществе давно назрела необходимость цифровизации перевозочного процесса **[5–11]**.

Основное внимание в развитии технологий управления сконцентрировано на максимальной автоматизации технологических процессов, снижении влияния человеческого фактора с переходом оператора к роли наблюдателя, а также на получении цифровых моделей объектов технических систем. Достижение указанных целей обеспечит создание управляющих комплексов, более эффективных, надежных и безопасных по сравнению с действующими.

Цифровизация данных и цифровая инфраструктура

Цифровое представление информации позволяет эффективно организовывать процесс ее накопления и хранения, а также применять унифицированные методы ее математической обработки в автоматическом режиме, что открывает пути к получению нового качества систем с сокращением доли участия человека. Это существенно повышает надежность функционирования всех звеньев, обеспечивающих реализацию графика движения поездов.

По пути цифровизации активно следуют крупнейшие производители тягового подвижного состава и сервисные компании. Сегодня, однако, становится очевидным, что развитие тяговых единиц без интеграции с инфраструктурным комплексом приводит к снижению эффективности цифровизации. Только максимальная интеграция и совместное развитие на базе цифровых технологий способны дать синергетический эффект и обеспечить тот коренной скачок в эффективности, которого так ждут российские железные дороги и отрасль в целом.

Более сбалансированная интеграция, перераспределение части функций по управлению и мониторингу и смещение акцента на основную роль тяговых подвижных единиц, внедрение технических средств искусственного интеллекта и автоматизации диагностирования и прогнозирования позволяют решить ключевые задачи, направленные на:

- повышение качества планирования движения поездов;
- повышение качества управления перевозочным процессом;
- повышение надежности эксплуатируемых систем;
- снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

До сих пор инфраструктурный комплекс и тяговые единицы совершенствуются в разрыве друг от друга **[12]**. Внедряются развитые средства технического диагностирования и мониторинга, средства автоматизации обработки данных и принятия решений, передача данных внутри обслуживающего предприятия. При этом интерфейсы между объектами инфраструктуры и тягового подвижного состава остаются на уровне 80-х годов

XX века, а современные информационные технологии в таких условиях используются крайне слабо **[13]**. Так, наиболее массово применяемая система передачи информации с инфраструктуры на локомотив автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия (АЛСН) внедряется с 1935 г. **[14]**!

Интеллектуализация и цифровизация должна охватывать три фундаментальных составляющих перевозочного процесса (*рис. 1*):

- организацию перевозок;
- подвижной состав;
- технические средства инфраструктуры.

Совершенствование технологий управления возможно за счет создания единого комплекса на базе цифрового локомотива и цифровой инфраструктуры, а также интеллектуальной диспетчеризации. Поэтому одной из ключевых задач становится организация цифровой интеграции и взаимодействия подвижного состава, инфраструктурного комплекса и центра организации перевозок для объединения их в общую систему с целью оптимизации процессов управления движением. Например, локомотив должен включать технические средства и модули обработки данных о состоянии вагонов, оборудованных датчиками технического диагностирования и мониторинга (*рис. 2*).

Важную роль в выработке управляющих решений должен играть искусственный интеллект. На первом этапе он необходим для обработки статистической информации, планирования, оптимизации процесса управления движением поездов, формирования подсказок оперативному персоналу и т. д. В перспективе имеется возможность повышения уровня автоматизации, в частности при реализации ряда функций безопасности. Применение искусственного интеллекта позволит повысить безопасность движения, прежде всего вследствие исключения человеческого фактора при реагировании на ряд типовых нештатных ситуаций.

Переход к универсальным принципам обработки информации дает возможность унифицировать аппаратные платформы и перенести прикладную деятельность преимущественно в интеллектуальную сферу, что позволяет высвободить ресурсы разработчиков для более глубокого и всестороннего формирования алгоритмов функционирования систем (*рис. 3*). Это, в свою очередь, позволяет расширить их сферы влияния и создать условия для повышения эффективности взаимодействующих друг с другом компонентов сложного механизма железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава.

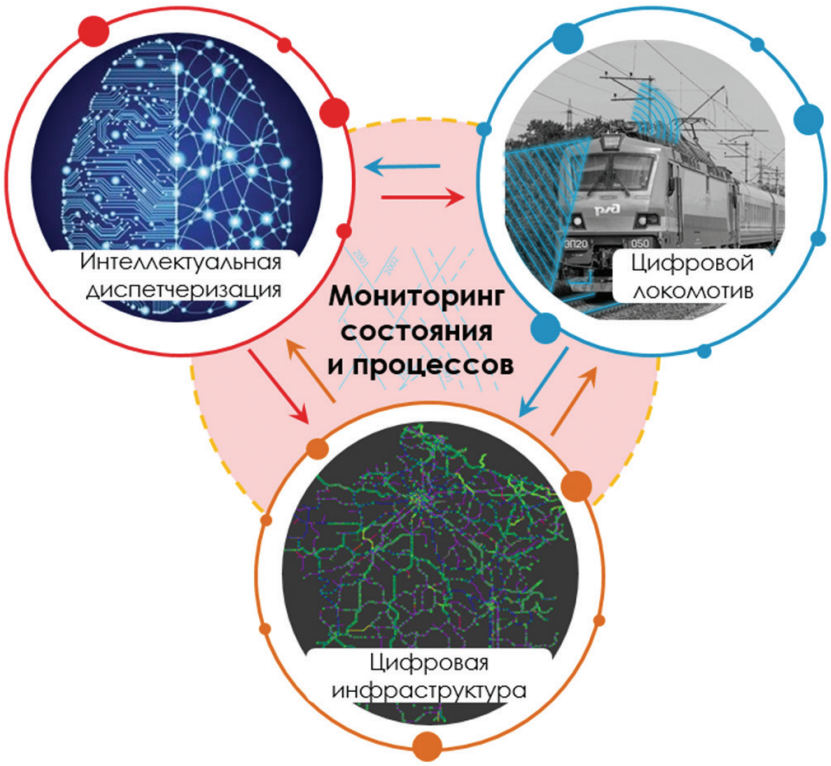

Рис. 1. Фундаментальные составляющие перевозочного процесса

Рис. 2. Направление цифровизации подвижного состава как активного участника системы управления движением

Очевидно, что традиционные средства железнодорожной автоматики с большим количеством напольного технологического оборудования, включая светофорную сигнализацию и рельсовые цепи, морально устарели, и их нужно заменять (технологии для этого в настоящее время имеются) (*рис. 4*). Это будущее, к которому движутся разработчики систем управления движением поездов во всем мире.

Реализация концепции цифровой железной дороги возможна при изменении принципов эксплуатации инфраструктурного комплекса и управления движением поездов. Необходимо поэтапное решение следующих фундаментальных задач:

- развитие информационного обмена участников движения и расширение множества передаваемых данных, циркулирующих между объектами цифровой инфраструктуры и цифрового локомотива;
- развитие технологий «автоматического построения графика движения поездов», «автодиспетчера» и «автоведения» за счет уточнения применяемых цифровых моделей и введения прин-

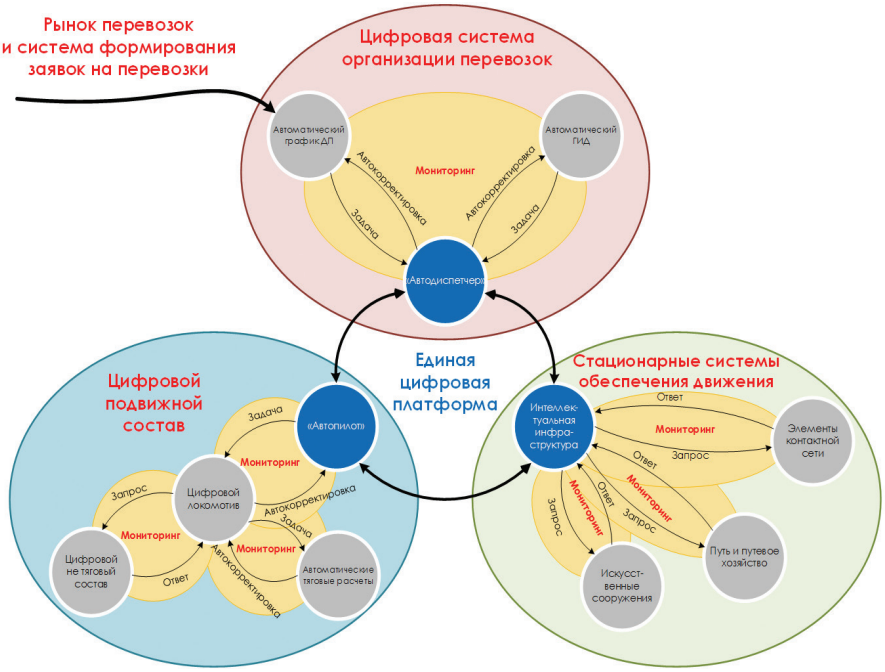

Рис. 3. Контур взаимодействия участников перевозочного процесса

ципов самоорганизующихся и самообучающихся систем;

• развитие стационарных систем управления движением поездов с учетом индивидуальных (а не наихудших, как это сделано сейчас) характеристик объектов инфраструктуры и подвижного состава, а также повышение степени интеграции и взаимодействия объектов железнодорожной инфраструктуры;

• переход к киберфизическим системам управления движением поездов на основе тесной интеграции датчиков мониторинга с объектами инфраструктуры и подвижного состава;

• создание автоматических комплексов управления движением поездов на основе цифровой инфраструктуры, системы организации перевозок и подвижного состава.

Приведем основные направления развития в области автоматизации ответственного технологического процесса движения поездов в ближайшее десятилетие:

• внедрение систем интервального регулирования на основе беспроводных сетей передачи данных (радиоканала и спутниковых технологий), в частности с «подвижным блок-участком»;

• внедрение систем автоведения вплоть до полной автоматизации и беспилотного выполнения отдельных операций;

• внедрение современных комплексных систем диагностирования и анализа данных, где учитываются текущее и прогнозное состояния инфраструктуры и подвижного состава;

• внедрение систем автоматического диспетчерского управления движением поездов на основе технологий нейронных сетей и искусственного интеллекта.

Реализация названных инициатив невозможна без цифровизации базового уровня инфраструктуры, прежде всего микропроцессорных систем централизации и автоблокировки, которыми, как известно **[15]**, оборудовано лишь около 10 % железнодорожных станций и перегонов сети ОАО «РЖД». Это обусловлено дороговизной данных систем. По известным причинам цена на одну централизованную стрелку весьма высока, поэтому на ближайшие несколько лет ключевой задачей представляется создание системы, позволяющей кардинально снизить стоимость цифровизации базового уровня при безусловном выполнении требований безопасности и надежности. Без этого цифровизация управляющих систем будет по-прежнему носить точечный характер и не даст необходимой эффективности **[16]**.

Диагностика и мониторинг как средство получения цифровых копий объектов

При развитии железнодорожного комплекса и постепенной его цифровизации следует наделять интеллектом каждую его составляющую. Это первый шаг на пути к использованию роботизированных и киберфизических систем, возможный только при «вживлении» в объекты инфраструктуры и подвижного состава дискретных и аналоговых датчиков технического состояния, связываемых в «умные» сети и наделяемых «умной» оболочкой обработки получаемых данных. Следовательно, первостепенная роль в развитии цифрового железнодорожного комплекса отводится совершенствованию и интеллектуализации систем технического диагностирования и мониторинга.

Сегодня средства технического диагностирования и мониторинга используются в основном как объекты, позволяющие автоматизировать работы по ручному техническому обслуживанию. Такие системы не включают в себя искусственный интеллект, они работают по фиксации достижений пороговых границ отказов и предотказных состояний каждого отдельного диагностического параметра **[17]**. Указанные системы широко внедрены в практику, например в работе со средствами железнодорожной автоматики и телемеханики, однако реального эффекта не приносят **[18]**.

Средства технического диагностирования и мониторинга должны использоваться не только для автоматизации работ по техническому обслуживанию, но и для получения исходных данных для «цифровых копий» объектов инфраструктуры и подвижного состава. При этом обработку получаемых данных нельзя вести по пороговым значениям отдельных диагностических параметров. Следует повышать функциональные возможности систем технического диагностирования и мониторинга, в частности за счет комплексной аналитики диагностических параметров различных взаимосвязанных объектов железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава. Именно это позволит осуществить качественный скачок в развитии цифровых технологий и технологий обеспечения отказоустойчивости всех компонентов железнодорожной системы.

Процесс функционирования систем диагностирования и мониторинга должен быть автоматическим, а информацию о техническом состоянии объектов диагностирования следует учитывать в задачах оптимизации управления движением поездов с применением искусственного интеллекта.

Оперативная диагностика и мониторинг позволяют решать задачи моделирования объектов инфраструктуры в режиме реального времени, а также осуществлять оперативное диагностирование и достоверное прогнозирование. Это дает возможность не только

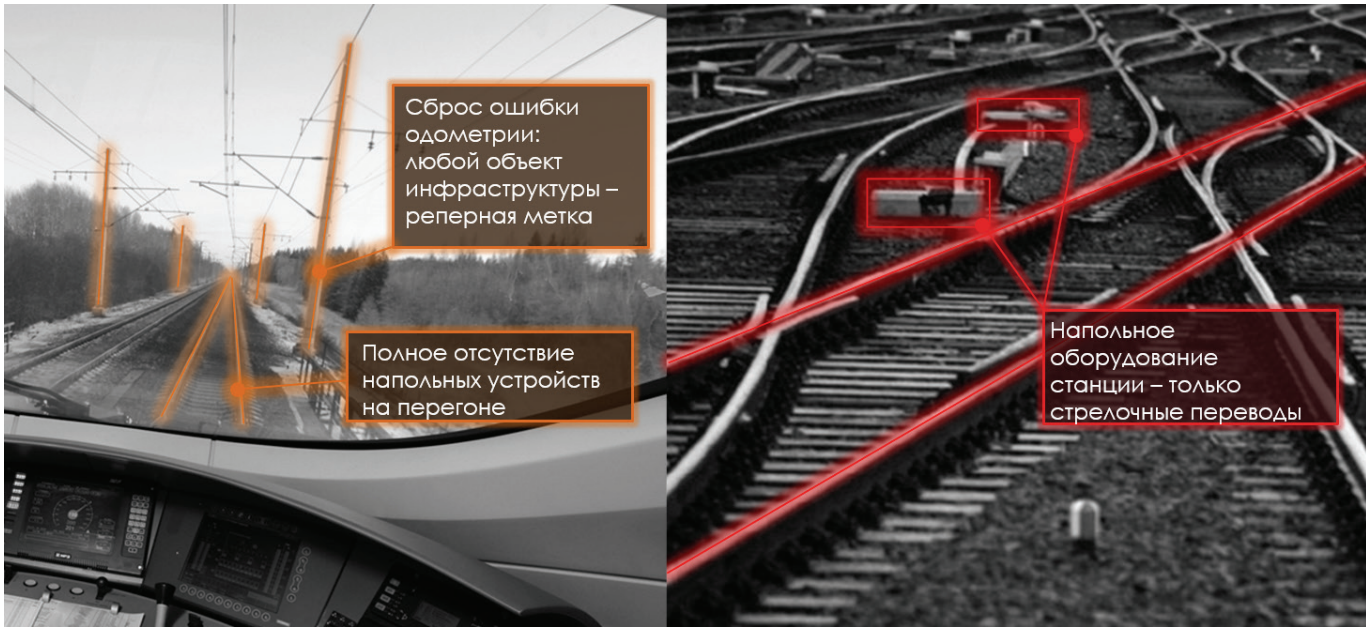

Рис. 4. Инфраструктурный комплекс с минимизированным количеством напольных технологических объектов

получить цифровые киберфизические модели, но и организовать их взаимодействие. Возможности использования таких «цифровых копий», работающих в реальном масштабе времени, открывают возможности для оптимизации ведения поездов с учетом возникающих дефектов. До сих пор системы технического диагностирования и мониторинга на железнодорожном транспорте подобную задачу не решали. Однако без наделения их новыми свойствами невозможно перейти к улучшенной версии железнодорожного комплекса. Это станет особенно актуальным при строительстве таких важных, уникальных по конструкции стратегических объектов, как высокоскоростная магистраль Москва-Казань (с последующим продлением до Екатеринбурга) и Северный широтный ход, на которых невозможно реализовать многие традиционные технические решения.

Таким образом, интеграция и сбалансированное распределение функций управления движением поездов между «умным» цифровым локомотивом и цифровыми системами автоматики, диагностики и диспетчеризации создадут комплекс по управлению перевозочным процессом нового уровня, способный к разрешению конфликтов и оптимизации графика с учетом изменений в реальном времени. Именно такие шаги представляют собой базовые важнейшие технологии в решении задачи построения «умного» железнодорожного комплекса, находящегося на передовых позициях в транспортных системах регионов.

Литература

1. Hahanov V. Cyber Physical Computing for IoT-driven Services. New York: Springer Int. Publ. AG, 2018. 279 p. doi: 10.1007/978–3–319–54825–8.
2. Dikmen M., Burns C. Trust in Autonomous Vehicles: The Case of Tesla Autopilot and Summon // IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). Banff, AB. Canada, 2017. P. 1093–1098. doi: 10.1109/SMC.2017.8122757.
3. Song H., Srinivasan R., Sookoor T. et al. Smart Cities: Foundations, Principles, and Applications // Wiley Telecom, 2017. — 912 p.
4. Бойков В. Н., Скворцов А. В., Сарычев Д. С. Цифровая автомобильная дорога как отраслевой сегмент цифровой экономики // Транспорт РФ. 2018. № 2. С. 56–60.
5. Розенберг Е. Н. Цифровая железная дорога — ближайшее будущее // Автом., связь, информ. 2016. № 10. С. 4–7.
6. Левин Б. А., Цветков В. Я. Киберфизические системы в управлении транспортом // Мир транспорта. 2018. Т. 16. № 2. С. 138–145.
7. Digital Railway Strategy. Network Rail, April 2018. 42 p.
8. Лёвин Б. А., Цветков В. Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир трансп. 2018. Т. 16. № 3. С. 50–61.
9. Смагин Ю. С., Ефремов А. Ю. Первая цифровая система централизации в Германии // Железн. дор. мира. 2018. № 8. С. 63–67.
10. Stäuble R., Gschwend P. Digital Signalling in the Simmental // Sign.+Draht. 2018. Is. 10. P. 40–46.
11. Bauer T., Benito D. N. Digital Railway Stations for Increased Throughput and a Better Passenger Experience // Sign.+Draht. 2018. Is. 7+8. P. 6–12.
12. Розенберг Е. Н., Батраев В. В. О стратегии развития цифровой железной дороги // Бюл. Объедин. ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 1. С. 9–27.
13. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В. Концепция современных систем управления на основе информационных технологий // Автом., связь, информ. 2018. № 5. С. 20–23.
14. Сороко В. И., Кайнов В. М., Казиев Г. Д. Автоматика, телемеханика, связь и вычислительная техника на железных дорогах // Энциклопедия в двух томах. Т. 1 / под общ. ред. В. И. Сороко. — М. : НПФ «Планета», 2006. — 736 с.
15. Анализ эксплуатационной деятельности хозяйства автоматики и телемеханики по итогам 2016 года. Управление автоматики и телемеханики Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД». — М., 2016. — 85 с.
16. Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», 07.05.2018 г. [Электр. ресурс] Режим доступа: http://kremlin.ru/events/president/news/57425 (дата обращения: 22.11.2018).
17. Heidmann L. Smart Point Machines: Paving the Way for Predictive Maintenance // Sign.+Draht. 2018. Is. 9. P. 70–75.
18. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. — 171 с.