

## О применении комплекса автоматизированного управления движением поездов в условиях высокой интенсивности движения

М.И. Зелова, А.В. Комаров✉

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉ak38uer@gmail.com

### Резюме

В сфере железнодорожного транспорта планомерно осуществляется переход на высокотехнологичные средства организации и выполнения работ по основным направлениям деятельности с применением цифровых технологий, что в целом обозначается понятием «цифровая трансформация». В свете функционирования системы управления инновациями на региональном уровне необходимо отметить создание в 2021 г. сети региональных центров инновационного развития железных дорог как в статусе филиалов ОАО «Российские железные дороги», задачами которых являются поддержка и развитие инновационной деятельности на всем пространстве железнодорожного транспорта России. В направлении автоматизации эксплуатационной работы в 2014 г. на действующей двухпутной линии Северо-Кавказской железной дороги построен и применен аппаратно-программный комплекс автоматизированного управления движением поездов. Обозначенный комплекс является одним из компонентов интеллектуальной системы управления на железнодорожном транспорте, обеспечивающей повышение эффективности эксплуатационной работы, в частности управления движением поездов со стороны поездного диспетчера. В статье рассмотрены перспективы применения современных интеллектуальных разработок как на однопутных, так и на двухпутных участках в условиях повышения интенсивности движения, что нередко сопровождается возникновением нестандартных ситуаций, примеры которых показаны применительно к построению маршрутов следования поездов на реальном однопутном перегоне. В качестве перспективного полигона для внедрения автоматизированного комплекса рассмотрен однопутный участок с дизельной тягой Улан-Удэ – Наушки Восточно-Сибирской железной дороги, где для модернизации предложен наименее технически оснащенный отрезок, ограниченный станциями Медведчиково и Сульфат, включающий семь перегонов общей протяженностью 95 км.

### Ключевые слова

автоматизация эксплуатационной работы, цифровая трансформация, график движения поездов, железнодорожный транспорт, аппаратно-программный комплекс, перевозочный процесс, управление движением поездов

### Для цитирования

Зелова М.И. О применении комплекса автоматизированного управления движением поездов в условиях высокой интенсивности движения / М.И. Зелова, А.В. Комаров // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 4 (76). С. 92–100. DOI 10.26731/1813-9108.2022.4(76).92-100.

### Информация о статье

поступила в редакцию: 19.10.2022 г.; поступила после рецензирования: 21.12.2022 г.; принята к публикации: 22.12.2022 г.

## On the application of an automated train traffic control complex under high traffic intensity

M.I. Zelova, A.V. Komarov✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ak38uer@gmail.com

### Abstract

In railway transport, the transition to high-tech means of organizing and performing work in the main areas of activity using digital technologies is systematically carried out, which is generally denoted by the concept of «digital transformation». In the light of the functioning of the innovation management system at the regional level, it is necessary to note the creation in 2021 of a network of regional centers for innovative development of railways in the status of Russian Railways branches, whose tasks are to support and develop innovative activities throughout the Russian railway transport. Acting towards the automation of operational work in 2014 on the existing double-track line of the North-Caucasian railway a hardware-software complex for automated train traffic control was built and applied. The aforementioned complex is one of the components of an intelligent control system in railway transport ensuring an increase in the efficiency of operational work, in particular, train traffic control by a train dispatcher. The article discusses the prospects for the use of modern intellectual developments both on single-track and double-track sections under the conditions of increased traffic intensity, which is often accompanied by the occurrence of non-standard situations, whose examples are shown in relation to the construction of train routes on a real single-track section. As a promising test site for the introduction of an automated complex, a single-track section with diesel traction Ulan-Ude–Naushki of an East-

Siberian railway is considered, where the least technically equipped section, limited by Medvedchikovo and Sulfat stations, including 7 hauls total length of 95 km, was proposed as a starting point for the modernization of the landfill.

### Keywords

automation of operational work, digital transformation, train schedule, railway transport, hardware and software complex, transportation process, train traffic management

### For citation

Zelova M.I., Komarov A.V. O primeneniі kompleksa avtomatizirovannogo upravleniya dvizheniem poezdov v usloviyakh vysokoi intensivnosti dvizheniya [On the application of an automated train traffic control complex under high traffic intensity]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2022, no. 4 (76), pp. 92–100. DOI: 10.26731/1813-9108.2022.4(76).92-100.

### Article info

Received: October 19, 2022; Received: December 21, 2022; Accepted: December 22, 2022.

### Введение

Существующие цифровые технологии активно развиваются, трансформируются и внедряются во все сферы деятельности, периодически реагируя на достижения научно-технического прогресса [1]. В Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации ключевое значение отводится решению задач, которые должны быть реализованы на базе использования технических и технологических свершений [2]. Инновационная деятельность ОАО «РЖД» и его дочерних зависимых обществ способствует повышению эффективности экономики холдинга. В настоящее время одной из динамично развивающихся интеллектуальных разработок, связанных с безопасностью движения, является аппаратно-программный комплекс автоматизированного управления движением поездов (АПК АУД). В обозначенном контексте под *комплексом* подразумеваются функционально связанных средства технологического оснащения полигона для выполнения заданных операций или функций в условиях высокой интенсивности движения. Целью разработки технологий автоматизированного управления движением поездов является улучшение показателей эксплуатационной работы: повышение качества выполнения графика движения поездов, повышение маршрутной скорости, общее снижение эксплуатационных затрат при организации поездной работы на базе вариантного графика и др.

### Состав комплекса автоматизированного управления движением поездов

Используемые в настоящее время автоматизированные системы управления сложными технико-технологическими объектами же-

лезнодорожного транспорта позволяют контролировать многие процессы автоматически без участия лица, принимающего решения напрямую, а также удаленно – с участием оператора дистанционного управления поездами [3].

Одним из компонентов интеллектуальной системы управления на железнодорожном транспорте можно считать АПК АУД, объединяющей в себе технологические и обеспечивающие элементы. В нем применяются технологии на основе моделирования, использования накопленных знаний специалистов. Ядром АПК АУД служат методы искусственного интеллекта, обеспечивая выполнение частных технологических процессов управления перевозками на трех уровнях [4]. Высшим уровнем, обозначенным на рис. 1 символом «I», является планирование работы полигона, осуществляемой в диспетчерском центре.

В термин «план» попадают графики движения разного временного интервала. Средний (он же административный) уровень, имеющий обозначение «II», сочетает в себе управление пропуском поездов на участке, координацию *автоматической* работы локомотивов. Управление железнодорожными транспортными средствами в данном комплексе наиболее соответствует технологиям четвертого уровня автоматизации [5, 6]. Аппаратный уровень «III» – обеспечение интервального регулирования движения поездов и управление стрелками и сигналами на станциях.

Таким образом, можно дать следующее определение: «Аппаратно-программный комплекс автоматизированного управления движением поездов – это совокупность средств технического оснащения при интенсивном потоке движения, интегрирующая современные циф-

ровые технологии и действующие информационно-управляющие системы ОАО «РЖД», обеспечивающая автоматизированную разработку и принятие к реализации рациональных сценариев управления движением, выгодных всем участникам перевозочного процесса, с целью обеспечения нормативного графика движения поездов, эффективного использования подвижного состава и повышения надежности транспортного процесса на железнодорожном транспорте».

Разработанный АПК базируется на *принципах иерархичности* составляющих элементов комплекса [7]. Так, рациональные и эффективные решения на нижних иерархических уровнях не достигнут поставленной задачи, если на более высоком уровне были совершены «промахи». Отсюда вытекает, что должны быть четко обозначены границы уровней и соблюдена иерархия сверху вниз, а также правильно рассчитан баланс эксплуатационных расходов и содержания ресурсов, способных обеспечить наибольший вагонопоток на участке.

Рассматриваемый программный комплекс успешно реализован на полигоне Сочи – Адлер – Роза-Хутор протяженностью около 80

км (Северо-Кавказская железная дорога) незадолго до открытия Олимпийских игр 2014 г. в Сочи. Доля работы в автоматическом управлении при использовании технологии составляет порядка 88 %. Всего проследовало свыше 11,7 тыс. пригородных электропоездов «Ласточка», перевезено 4,8 млн пассажиров. Выполнение графика составило порядка 99 % [6].

Для достижения баланса в управлении перевозочным процессом комплекс подчинен *единой (интегрированной) основе*, в которой объединены средства цифровой связи GSM-R, спутниковая навигация ГЛОНАСС, подсистемы «Автодиспетчер», «Автомашинист», системы железнодорожной автоматики и телемеханики, центр управления движением АСУ-Д, локомотивный комплекс безопасности. С помощью АПК АУД:

- осуществляется автоматизированное управление движением поездов как на однопутных участках, так и на участках с двухпутными вставками по нормативному графику;
- ведется автоматизированный расчет, а при наличии конфликтных ситуаций оперативно разрабатывается вариантный график движения («Автодиспетчер»);
- передаются на электроподвижной состав

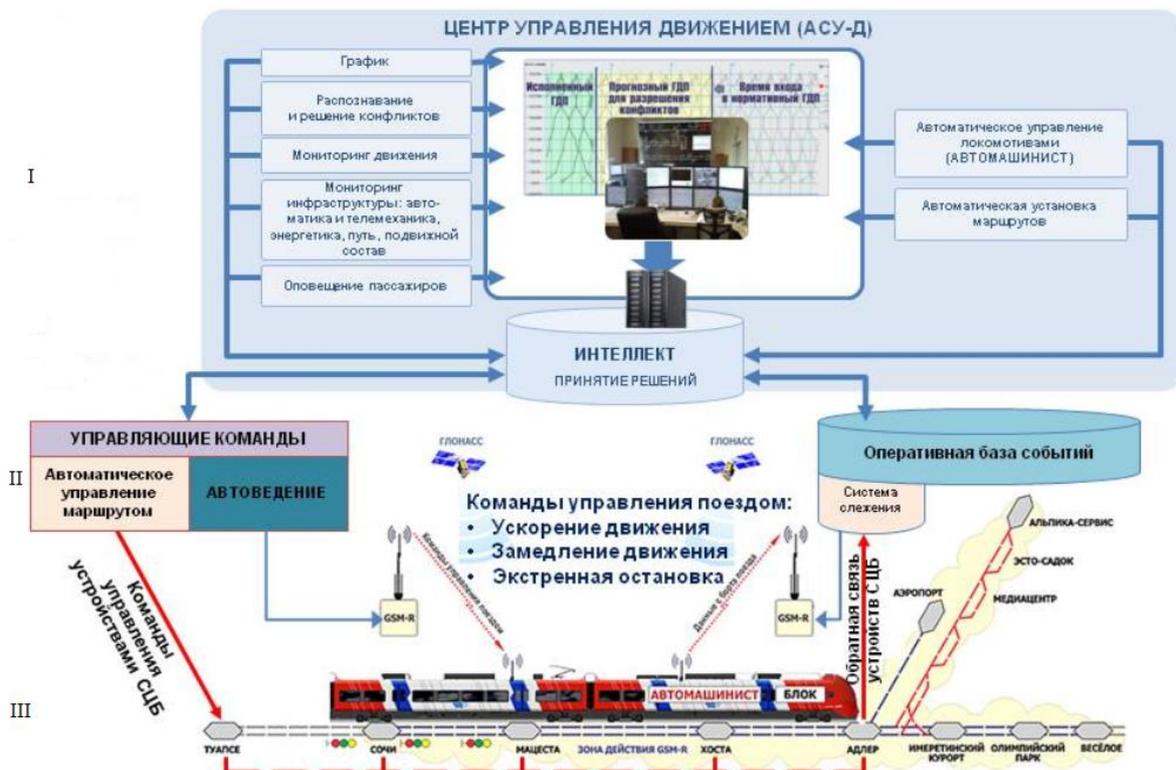


Рис. 1. Уровни аппаратно-программного комплекса автоматизированного управления движением поездов

Fig. 1. Levels of the hardware-software complex of automated train traffic control

управляющие команды («Автомашинист») и данные о корректировке графика движения по беспроводному каналу;

– контролируется движение поезда в реальном времени на основе спутниковой навигации [8, 9].

### Установка нестандартных маршрутов на станциях однопутного участка

В реальной поездной обстановке в ходе эксплуатации системы возникают ситуации, требующие особого внимания поездного диспетчера [10, 11], например, при обыкновенном скрещении двух поездов одной грузовой категории, прибывающих к станции примерно в одно время. Первый приближающийся к станции нечетный поезд № 2009 встает на боковой третий путь, встречный четный поезд № 2002 проследует по главному первому пути (рис. 2).

В данном случае заранее не определено, какой из двух поездов принять на боковой путь [12].

Аналогичная ситуация с двойным скрещением изображена на рис. 3. Первый приближающийся к станции четный поезд № 2002 встает на боковой третий путь, встречные поезда № 2009 и № 2011 проследуют по главному пер-

вому пути.

Не исключен вариант развязки, когда поезд № 2002 принимают на боковой третий путь, затем поезд № 2001 встает на второй путь для пропуска скорого пассажирского поезда № 101 по главному пути для исключения задержки у входного сигнала Н (рис. 4).

При подходе с обеих сторон на разъезд встречных длинносоставных поездов необходимо будет принять решение о задержке одного из поездов на приемоотправочном пути станции, пока встречный не проследует и разъезд, и станцию.

Рассмотрим ситуацию, похожую на ту, что показана на рис. 4, с точки зрения изменения одного из показателей эксплуатационной работы – участковой скорости. Система запланировала обгон, опираясь на встроенные нормативы, на разъезде № 2 (рис. 5). Однако поездной диспетчер предпочтет более надежное и безопасное решение: более ранний обгон на разъезде № 1 (рис. 6). Несмотря на то, что участковая скорость грузового поезда несколько снизится, действия диспетчера будут вполне оправданы, иначе нагон поезда № 2001 может под влиянием ситуативных факторов произойти чуть быстрее, что приведет к задержке скорого поезда.

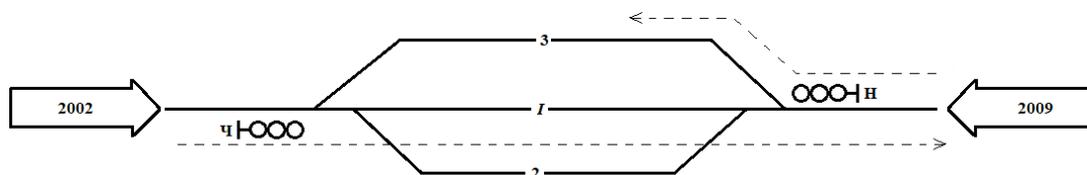


Рис. 2. Обыкновенное скрещение поездов

Fig. 2. An ordinary train crossing

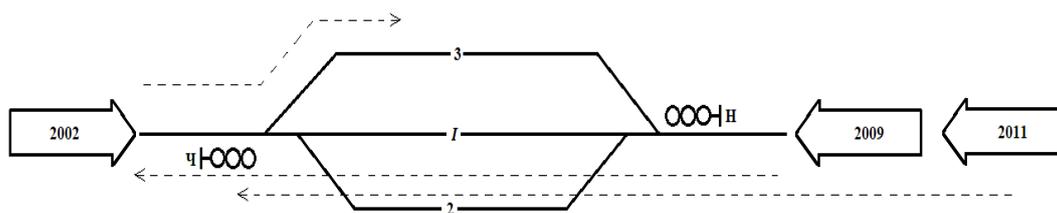


Рис. 3. Двойное скрещение поездов

Fig. 3. Double train crossing

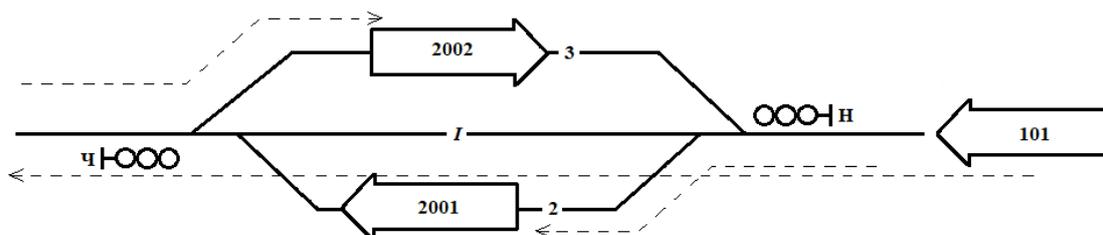
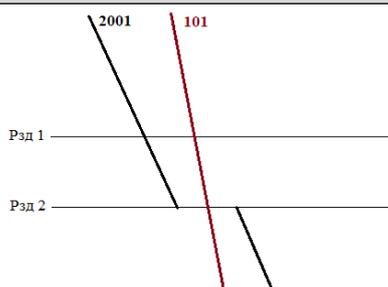


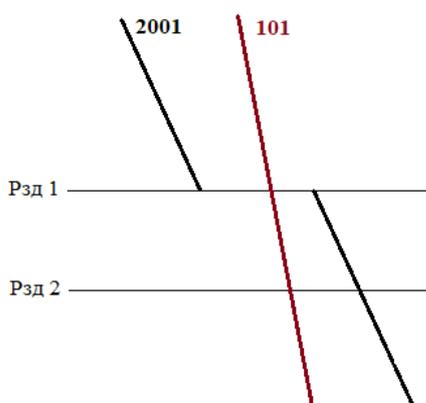
Рис. 4. Двойное скрещение с обгоном

Fig. 4. Double crossing with overtaking



**Рис. 5.** Предложенное решение аппаратно-программного комплекса

**Fig. 5.** The proposed solution of the hardware and software complex



**Рис. 6.** Решение поездного диспетчера

**Fig. 6.** Train Dispatcher's Decision

Подобные ситуации могут возникать при достаточно высокой интенсивности движения, при том реализовать их в АПК АУД не составляет особых затруднений. В режиме «Автодиспетчер» диспетчеру известна очередность команд на установку маршрутов, которую программа собирается применить [13, 14]. С другой стороны, уверенность в автоматическом изменении команд непосредственно перед их исполнением снижается, так как нет гарантии, что видоизмененные действия будут отражать действительность. Следовательно, человеческий контроль полностью исключить пока невозможно [15].

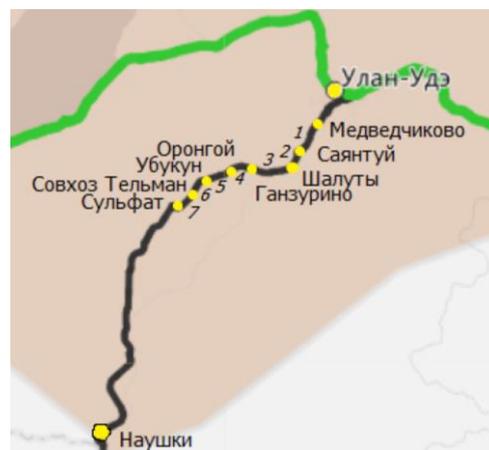
#### **Перспективы внедрения аппаратно-программного комплекса автоматизированного управления движением поездов на однопутном участке**

Однопутный участок Улан-Удэ – Наушки Восточно-Сибирской железной дороги (ВСЖД) (рис. 7) заслуживает особого внимания при внедрении различного рода автоматизированных систем из-за ожидаемого в ближайшее время увеличения товаропотоков

на восточном направлении, в первую очередь по межгосударственным сухопутным переходам с Монголией и Китаем.

Как следствие, повышение интенсивности движения приведет к увеличению нагрузки на диспетчерский персонал, часть которой может взять на себя автоматизация управления движением.

Обозначенный участок, протяженность которого составляет 255,6 км, соединяет Транссибирскую магистраль и Улан-Баторскую железную дорогу МНР. Станции Улан-Удэ и Наушки, ограничивающие участок, являются участковыми, по объему и сложности работ относятся к первому классу. Станция Улан-Удэ включена в диспетчерскую централизацию секции Суховская – Заудинский, ст. Наушки – отдельной секции Заудинский – Дозорный. На всем протяжении участка Улан-Удэ – Наушки применяется дизельная тяга, реализуемая тепловозами серий 3ТЭ10, 2ТЭ10, 2ТЭ116. Размеры движения в четном и нечетном направлении одинаковы и составляют пять пар пассажирских и пять пар грузовых поездов в сутки.



**Рис. 7.** Участок Улан-Удэ – Наушки

**Fig. 7.** Ulan-Ude – Naushki section

В настоящем исследовании в качестве стартового полигона для модернизации путем внедрения автоматизированного комплекса управления движением предложен наименее технически оснащенный отрезок рассматриваемого участка, ограниченный ст. Медведчиково и ст. Сульфат, включающий семь перегонов общей протяженностью 95 км (позиции 1–7 на рис. 7), обеспечивающий движение грузовых и пассажирских поездов в направлении пограничной ст. Наушки. Все станции выделенного отрезка

являются промежуточными станциями V класса, за исключением ст. Медведчиково (класс IV), основные характеристики перегонов и станций, их ограничивающих, представлены в табл.

Применение инновационных разработок в области автоматизации управления перевозочным процессом позволит увеличить про-

пускную способность линии за счет повышения технологичности управления: сокращение простоев под скрещением и времени исполнения других технологических интервалов, оптимизация скоростных режимов движения, реализация пакетных графиков движения с применением системы «активный хвост» и т. п.

Характеристика перегонов и станций  
Characteristics of railway spans and stations

№ п/п	Перегон Railway span	Коды единой сетевой разметки станций Codes of a single network markup of stations	Протяженность перегона, км Haul length, km	Операции, производимые станциями, ограничивающими перегон Operations per-formed by stations limiting the haul
1	Медведчиково – Саянтуй Medvedchikovo – Sayantui	93580–93590	15	<i>Медведчиково</i> : прием и выдача грузов повагонными отправлениями, загружаемых целыми вагонами, только на подъездных путях и местах необщего пользования; посадка и высадка пассажиров на (из) поезда пригородного и местного сообщения. <i>Medvedchikovo</i> : acceptance and delivery of goods by wagon shipments, loaded by whole wagons, only on sidings and non-public areas; embarkation and disembarkation of passengers on (from) suburban and local trains. <i>Саянтуй</i> : прием и выдача повагонных отправок грузов, допускаемых к хранению на открытых площадках станций; продажа билетов на все пассажирские поезда <i>Sayantui</i> : acceptance and issuance of carload shipments of goods allowed for storage in stations open areas; sale of tickets for all passenger trains
2	Саянтуй – Шалуты Sayantui – Shaluty	93590–93560	9	<i>Шалуты</i> : то же, что и на станции Медведчиково <i>Shaluty</i> : same as at Medvedchikovo station
3	Шалуты – Ганзурино Shaluty – Ganzurino	93560–93598	20	<i>Ганзурино</i> : продажа билетов на все пассажирские поезда. <i>Ganzurino</i> : sale of tickets for all passenger trains
4	Ганзурино – Оронгой Ganzurino – Orongoi	93598–93602	12	<i>Оронгой</i> : посадка и высадка пассажиров на (из) поезда пригородного и местного сообщения. <i>Orongoi</i> : boarding and disembarking passengers to (from) commuter and local trains
5	Оронгой – Убукун Orongoi – Ubukun	93602–93606	14	<i>Убукун</i> : продажа билетов на все пассажирские поезда. <i>Ubukun</i> : sale of tickets for all passenger trains.
6	Убукун – Совхоз Тельман Ubukun – Sovkhoz Tel'man	93606–93608	12	<i>Совхоз Тельман</i> : продажа билетов на все пассажирские поезда. <i>Telman state farm</i> : sale of tickets for all passenger trains.
7	Совхоз Тельман – Сульфат Sovkhoz Tel'man – Sul'fat	93608–93610	13	<i>Сульфат</i> : продажа билетов на все пассажирские поезда; прием и выдача грузов повагонными отправлениями, загружаемых целыми вагонами, только на подъездных путях и местах необщего пользования. <i>Sulphate</i> : sale of tickets for all passenger trains; acceptance and release of goods by wagonloads, loaded with whole wagons, only on sidings and non-public areas.

Отсутствие на рассматриваемом участке электрификации тяговым током весьма благоприятно в свете внедрения автоматических систем, основанных на радиоуправлении и радиосвязи, так как наведение индуктивных токов и сильных электромагнитных полей не будет создавать помех и искажений сигнала. Таким образом, перспектива автоматизации участка служит дополнительным доводом в вопросе отказа от его электрификации, что существенно экономит расходы ОАО «РЖД» [16, 17].

При более подробном планировании действий по оснащению железнодорожной сети АПК АУД, очевидна обоснованность модульного подхода: поэтапного внедрения относительно локальных подсистем. Так, первоочередным шагом усовершенствования на примере рассматриваемого участка представляется оснащение его системой «Автодиспетчер», отладка и освоение которой позволят уже к ней подключить подсистему «Автомашинист».

Весьма важным в процессе любой автоматизации, в том числе и внедрения АПК АУД, является так называемый «кадровый вопрос». С одной стороны, снижается востребованность локомотивных бригад: технология «Автомашинист» позволит перейти на управление сперва «в одно лицо», а затем и к полностью беспилотному. С другой стороны, в диспетчерские центры дорог потребуются операторы дистанционного управления движением поездов, а также обслуживающий новую систему технический персонал в составе дистанций СЦБ и эксплуатационных локомотивных депо. В этом случае представляется возможным переориентирование имеющихся работников, обученных

на новом уровне компетенций [18], что будет способствовать повышению как безопасности труда (в частности, дистанционирования работников от вредных воздействий локомотивов), так и его качества. Вместе с тем ожидаемое увеличение объемов перевозок на рассмотренном участке само по себе повысит потребность в персонале, специальности и требуемая квалификация которого будет зависеть от принятой доктрины развития обозначенного участка и всей сети российских железных дорог в целом.

### Заключение

Опыт разработки и эксплуатации как отдельных компонентов, так и интегрированного АПК АУД на сети ОАО «РЖД» показал практическую применимость и востребованность интеллектуальных систем управления движением на железнодорожном транспорте. Рассмотренный действующий участок ВСЖД при оценке возможностей внедрения АПК АУД является перспективным для дальнейшей работы. Переход на автоматическое управление эксплуатационной работой реализуется множеством существенных изменений технического, технологического и организационного характера, что само по себе неизбежно в эволюционном прогрессе, однако требует внимательности и ответственности в ходе реализации многокритериальной и многофакторной задачи в условиях непрерывности выполнения перевозок, своевременной подготовки квалифицированных исполнителей самого перевооружения, а также пользователей новых технических средств и технологий.

### Список литературы

1. Корольков Б.П., Комаров А.В. О системе кодирования подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2004. № 10. С. 46.
2. Якунин В.И. Инновационная деятельность в ОАО «РЖД» // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 1 (26). С. 10–12.
3. Зелова М.И., Комаров А.В. Беспилотные технологии на транспорте. Перспективы развития // Молодая наука Сибири. 2021. № 2 (12) : электрон. журн. URL: <https://mnv.irkups.ru/bespilotnye-tehnologii-na-transporte-perspektivy-razvitiya> (Дата обращения 08.10.2022).
4. Матюхин В.Г., Шабунин А.Б., Ефремова А.П. Повышение качества входных данных для интеллектуального диспетчерского управления // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте : тр. восьмой науч.-практ. конф. М., 2019. С. 66–69.
5. Матюхин В.Г., Уманский В.И., Шабунин А.Б. О текущем состоянии проекта ИСУЖТ и реализации технологии интервального регулирования на его платформе // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте : тр. восьмой науч.-практ. конф. М., 2019. С. 3–7.
6. Goverde R. Trends and developments in the automation of heavy rail operations // Global Railway Review : site. URL: <https://www.globalrailwayreview.com/article/97734/trends-developments-automation-heavy-rail/> (access date: 15.10.2022).
7. ОАО «РЖД». Инновации // РЖД : сайт. URL: <https://company.rzd.ru/ru/9381> (Дата обращения 08.10.2022).

8. Система управления перевозочным процессом и транспортная логистика // Инновационный дайджест : сайт. URL: [www.rzd-expo.ru/innovation/the\\_system\\_of\\_transportation\\_process\\_and\\_transport\\_logistics](http://www.rzd-expo.ru/innovation/the_system_of_transportation_process_and_transport_logistics) (Дата обращения: 16.10.2022).
9. Москвичев О.В. Информационные технологии на транспорте и информационно-управляющие системы на магистральном транспорте. Самара : СамГУПС, 2015. 287 с.
10. Ефремов Г.А. Проблемы и особенности автоматического диспетчерского управления движением поездов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте : тр. восьмой науч.-практ. конф. М., 2019. С. 36–37.
11. Автоматизация диспетчерского управления в ИСУЖТ: опыт внедрения / В.Г. Матюхин, А.Б. Шабунин, Г.А. Ефремов и др. // Труды АО «НИИАС». 2021. Вып. 11. Т. 1. С. 204–214.
12. Осминин А.Т. О разработке интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте // Наука 1520 ВНИИЖТ: загляни за горизонт : тр. первой междунар. науч.-практ. конф. Щербинка, 2021. С. 139–147.
13. Кокурин И.М. Интеллектуальная система управления движением поездов на основе автоматизации диспетчерского регулирования и центрального автоведения // Интеллектуальные системы управления. 2018. № 3. С. 305–312.
14. Паталахин С.В., Попов А.Э. Системы автономного управления подвижным составом на железной дороге // Цифровая наука. 2020. № 2-3. С. 31–36.
15. Украинский А.И. Автоматизированное управление поездной работой на железнодорожных перегонах // Труды 79-ой студ. науч.-практ. конф. РГУПС. Воронеж, 2020. Т. 1. С. 77–78.
16. Храмова Н.А., Храмов Р.И. Эффективность инновационных проектов в транспортных предприятиях // Стратегии бизнеса. 2019. № 9 (65). С. 16–19.
17. Ерофеев А.А. О состоянии и перспективах развития интеллектуальных систем управления перевозками на Белорусской железной дороге // Фёдор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России : тр. междунар. науч.-практ. конф. М., 2021. С. 33–41.
18. Главные направления в транспортных инновациях // Инновации. Стартапы. Изобретения : сайт. URL: <https://viafuture.ru/katalog-idej/transportnye-innovatsii> (Дата обращения: 16.10.2022).

### References

1. Korol'kov B.P., Komarov A.V. O sisteme kodirovaniya podvizhnogo sostava [About the rolling stock coding system]. *Zheleznodorozhnyi transport* [Railway transport], 2004, no. 10, pp. 46.
2. Yakunin V.I. Innovatsionnaya deyatel'nost' v OAO «RZHD» [Innovative activity in JSC «Russian Railways»]. *Transport Rossiiskoi Federatsii* [Transport of the Russian Federation], 2010, no. 1 (26), pp. 10–12.
3. Zelova M.I., Komarov A.V. Bepilotnye tekhnologii na transporte. Perspektivy razvitiya [Unmanned technologies in transport. Development prospects]. *Molodaya nauka Sibiri* [Young Science of Siberia], 2021, no. 2 (12), pp. 86–91.
4. Matyukhin V.G., Shabunin A.B., Efremova A.P. Povyshenie kachestva vkhodnykh dannykh dlya intellektual'nogo dispetcheskogo upravleniya [Improving the quality of input data for intelligent dispatch control]. *Trudy Vos'moi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte»* [Proceedings of the Eighth scientific-technical conference «Intelligent control systems for railway transport»]. Moscow, 2019, pp. 66–69.
5. Matyukhin V.G., Umanskii V.I., Shabunin A.B. O tekushchem sostoyanii proekta ISUZHT i realizatsii tekhnologii interval'nogo regulirovaniya na ego platforme [About the current state of the project «Intelligent systems in railway transport» and the implementation of interval control technology on its platform]. *Trudy Vos'moi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte»* [Proceedings of the Eighth scientific-technical conference «Intelligent control systems for railway transport»]. Moscow, 2019, pp. 3–7.
6. Goverde R. Trends and developments in the automation of heavy rail operations. URL: <https://www.globalrailwayreview.com/article/97734/trends-developments-automation-heavy-rail/> (Accessed October 15, 2022).
7. OAO «RZHD»: Innovatsii (Elektronnyi resurs) [JSC «Russian Railways»: Innovations (Electronic resource)]. Available at: <https://company.rzd.ru/ru/9381> (Accessed October 8, 2022).
8. Sistema upravleniya perevozochnym protsessom i transportnaya logistika (Elektronnyi resurs) [Transportation process management system and transport logistics (Electronic resource)] Available at: [www.rzd-expo.ru/innovation/the\\_system\\_of\\_transportation\\_process\\_and\\_transport\\_logistics](http://www.rzd-expo.ru/innovation/the_system_of_transportation_process_and_transport_logistics) (Accessed October 16, 2022).
9. Moskvichev O.V. Informatsionnye tekhnologii na transporte i informatsionno-upravlyayushchie sistemy na magistral'nom transporte [Information technologies in transport and information management systems in mainline transport]. Samara: SamGUPS Publ., 2015. 287 p.
10. Efremov G.A. Problemy i osobennosti avtomaticheskogo dispetcherskogo upravleniya dvizheniem poezdov [Problems and features of automatic dispatching control of train traffic]. *Trudy Vos'moi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte»* [Proceedings of the Eighth scientific-technical conference «Intelligent control systems for railway transport»]. Moscow, 2019, pp. 36–37.
11. Matyukhin V.G., Shabunin A.B., Efremov G.A., Trepalin K.O., Efremova A.P. Avtomatizatsiya dispetcherskogo upravleniya v ISUZHT: opyt vnedreniya [Automation of dispatching control in intelligent railway transport management systems: implementation experience]. *Trudy AO «NIAS»* [Proceedings of the JSC «Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport»], 2021, vol. 1, pp. 204–214.
12. Os'minin A.T. O razrabotke intellektual'noi sistemy upravleniya perevozochnym protsessom na zheleznodorozhnom transporte [On the development of an intelligent control system for the transportation process in railway transport]. *Trudy Pervoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka 1520 VNIIZhT: zaglyani za gorizont»* [Proceedings of the First

International Scientific-Practical Conference «Science 1520 of the All-Russian Scientific-Research Institute of Railway transport: look beyond the horizon». Shcherbinka, 2021, pp. 139–147.

13. Kokurin I.M. Intellectually controlled system of train traffic control based on automation of dispatching control and central autodriving. *Intellectual'nye sistemy upravleniya* [Intelligent control systems], 2018, no. 3, pp. 305–312.

14. Patalakhin S.V., Popov A.E. Sistemy avtonomnogo upravleniya podvizhnym sostavom na zheleznoi doroze [Systems of autonomous control of rolling stock on the railway]. *Tsifrovaya nauka* [Digital Science], 2020, no. 2-3, pp. 31–36.

15. Ukrainskii A.I. Avtomatizirovannoe upravlenie poezdnoi rabotoi na zheleznodorozhnykh peregonakh [Automated control of train operation on railway stages]. *Trudy sem'desyat devyatoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proceedings of the Seventy Ninth student scientific-practical conference]. Voronezh, 2020, vol. 1, pp. 77–78.

16. Khramtsova N.A., Khramtsov R.I. Effektivnost' innovatsionnykh projektov v transportnykh predpriyatiyakh [Efficiency of innovative projects in transport enterprises]. *Strategii biznesa* [Business strategies], 2019, vol. 9 (65), pp. 16–19.

17. Erofeev A.A. O sostoyanii i perspektivakh razvitiya intellektual'nykh sistem upravleniya perevozkami na Belorusskoi zheleznoi doroze [On the state and prospects of development of intelligent transportation management systems on the Belarusian Railway]. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Fedor Petrovich Kochnev – vydayushchiysya organizator transportnogo obrazovaniya i nauki v Rossii»* [Theodore Peter Kochnev is an outstanding organizer of transport education and science in Russia]. Moscow, 2021, pp. 33–41.

18. Glavnye napravleniya v transportnykh innovatsiyakh (Elektronnyi resurs) [The main directions in transport innovations (Electronic resource)]. Available at: <https://viafuture.ru/katalog-idej/transportnye-innovatsii> (Accessed October 16, 2022).

#### Информация об авторах

*Зелова Мария Игоревна*, кафедра управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: m.zelova@yandex.ru.

*Комаров Алексей Владимирович*, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск; e-mail: ak38uer@gmail.com.

#### Information about the authors

*Mariya I. Zelova*, Department of Operational Work Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: m.zelova@yandex.ru.

*Alexei V. Komarov*, Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operational Work Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk; e-mail: ak38uer@gmail.com.