

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОПУСКА ПО ПЕРЕГОНАМ И СТАНЦИЯМ — ОСНОВА ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА МОСКОВСКИХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ДИАМЕТРАХ

РОЗЕНБЕРГ Ефим Наумович, д-р техн. наук, профессор, первый заместитель генерального директора; e-mail: info@vniias.ru

МАРКОВ Алексей Валерьевич, начальник НТК систем управления и обеспечения безопасности движения поездов; e-mail: a.markov@vniias.ru

ОЗЕРОВ Алексей Валерьевич, начальник Международного управления; e-mail: a.ozеров@vniias.ru

Научно-исследовательский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (АО «НИИАС»), Москва

В статье рассмотрено развитие систем автоблокировки, являющихся основой системы интервального регулирования движения поездов, указаны ключевые факторы, лимитирующие пропускную способность на перегоне, и пути их решения. Дан краткий обзор опыта организации интервального регулирования с использованием автоблокировки на базе рельсовых цепей в других странах. Представлены возможности и роль микропроцессорной системы автоблокировки с централизованным размещением аппаратуры, тональными рельсовыми цепями и дублирующими каналами передачи информации в качестве важнейшего элемента организации движения поездов на участках Московских центральных диаметров. Показано значение реализованного принципа безостановочного пропуска поездов по главным путям станций, обеспечивающего значительное увеличение пропускной способности участка. Описано построение цифровой системы пропуска поездов, позволяющей реализовать в пределах станции технологию «подвижных» блок-участков, которая обеспечивает движение попутно следующих поездов по перегонам и станциям с одинаковым межпоездным интервалом. Указаны преимущества микропроцессорной системы автоблокировки нового типа как базового элемента перспективной российской системы управления движением поездов и положительные эффекты от ее внедрения на сети железных дорог России. Указано направление развития технических средств интервального регулирования в сторону дальнейшей цифровизации.

Ключевые слова: интервальное регулирование; микропроцессорная автоблокировка; система АБТЦ-МШ; подвижный блок-участок; электрическая централизация; автоматическая локомотивная сигнализация; система управления движением поездов.

DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-04-324-332

▼ Введение

Интенсивное развитие микропроцессорной техники, волоконно-оптических технологий и цифровых методов передачи информации создало условия для появления современных высокотехнологичных систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), на основе которых реализуются принципы интервального регулирования движения поездов (ИРДП). ИРДП — это технология, обеспечивающая возможность пропуска потока поездов с минимальным интервалом между поездами как в правильном, так и в неправильном направлениях. В качестве технических средств ИРДП традиционно выступают системы автоматической блокировки,

в частных случаях — системы полуавтоматической блокировки. Наиболее широко на сети железных дорог распространены системы числовой кодовой автоблокировки, которые в основном рассчитаны на движение по сигналам светофорной сигнализации в правильном направлении с интервалом 8–10 минут [1, 2].

Более полувека при проектировании систем автоблокировки традиционно использовался критерий максимальной протяженности блок-участка. Исходя из наибольшей длины обрабатываемых на линии подвижных составов и наихудших тормозных характеристик, длина блок-участка может достигать 2,6 км и является фактически ограничивающим фактором при сближении поездов [3].

Данный подход нуждается в пересмотре, поскольку при существующем увеличении интенсивности движения поездов, особенно в пригородных зонах, ключевым фактором становится возможность организации практически равноценного движения как в правильном, так и в неправильном направлениях по сигналам локомотивной сигнализации.

В этой связи при проектировании централизованной системы автоблокировки нового типа на основе тональных рельсовых цепей (АБТЦ) стали исходить из длины блок-участка около 1 км, а в зонах пригородного сообщения — менее 500 м. Это позволяет обеспечить возможность движения поездов с меньшими интервалами, а также при наличии многозначной локомотивной сигнализации АЛС-ЕН организовать режим движения по данным локомотивной сигнализации как самостоятельного средства сигнализации и связи (АЛСО) с подвижными блок-участками (ПБУ) [4].

Результаты проводимой в АО «НИИАС» многолетней комплексной работы в области оценки различных технических средств ЖАТ на основе имитационного моделирования движения поездов по различным участкам железных дорог с учетом лимитирующих факторов показывают, что внедрение режима АЛСО с ПБУ на основе микропроцессорной системы автоблокировки с централизованным размещением аппаратуры, тональными рельсовыми цепями и дублирующими каналами передачи информации (АБТЦ-МШ) обеспечивает увеличение скоростей движения и существенное повышение пропускной способности по сравнению с традиционными системами автоблокировки [5, 6].

1. Обзор мирового опыта

Мировой опыт показывает, что, несмотря на широкое распространение систем ИРДП на базе радиоканала, на железнодорожном транспорте отсутствует эффективная альтернатива конвенциональным методам контроля свободности пути и целостности поездов. В большинстве стран с развитым железнодорожным сообщением в этих целях по-прежнему применяются рельсовые цепи, в особенности на основных линиях и высокоскоростных магистралях.

К числу таких стран относятся Бельгия, Франция, Италия, Нидерланды, Китай, Южная Корея, Япония и др. [7–9].

К примеру, на ВСМ Бельгии и Франции применяется система автоблокировки на основе рельсовых цепей TVM 300/430, в Италии — ВАСС, в Нидерландах — АТВ, в Китае — СТС-2, СТС-3, в Южной Корее — КТКС, в Японии — АТС, DS-АТС. В данных системах автоблокировки используется увеличенная рельсовая цепь, длина которой варьируется от 1350 до 2000 м в зависимости от технического решения (таблица) [10, 11].

Кроме того, в целях повышения пропускной способности в странах Западной Европы активно тестируются решения по интеграции информации от устройств рельсовых цепей в систему ETCS/ERTMS¹ уровень 2 для организации виртуальных блок-участков. В этом случае центр радиоблокировки RBC (Radio Block Center) использует информацию от электрической централизации и/или автоблокировки о последовательном занятии/освобождении рельсовой цепи блок-участка поездом, оснащенным бортовым оборудованием ETCS, для расчета доверительного интервала координаты хвостового вагона. В случае потери связи с RBC такие поезда продолжают двигаться в соответствии с полученными ранее разрешениями на проследование до восстановления связи. При этом поезда, не оснащенные бортовым оборудованием ETCS, следуют в обычном режиме по кодам национальной автоматической локомотивной сигнализации. Такое решение принято называть «гибридной системой ETCS/ERTMS уровень 3» [12, 13].

2. Интервальное регулирование движения поездов на Московском центральном кольце и Московских центральных диаметрах

Цифровая система АБТЦ-МШ предназначена для интервального регулирования движения на перегонах с обращением грузовых, пассажирских и высокоскоростных поездов

¹ ETCS/ERTMS — Европейская система управления движением поездов (ETCS) разработана для замены многих несовместимых систем, используемых европейскими железными дорогами и железными дорогами за пределами Европы. ETCS является компонентом сигнализации и управления в составе Европейской системы управления железнодорожным движением (ERTMS).

Сравнение систем автоблокировки

Показатель	TVM 300; TVM 430 (Франция)	ВАСС (Италия)	АТС (Япония)	АБТЦ-М(Ш) (Россия)
Род тягового тока и параметры тяговой сети	1,5–3 кВ постоянного тока; 25 кВ, 50 Гц, 15 кВ, 16,7 Гц	3 кВ постоянного тока; 25 кВ, 50 Гц	25 кВ, 60 Гц	3 кВ постоянного тока; 25 кВ, 50 Гц
Длина блок-участка, м	~2000	1350	~3000	от 780 до 1700 или подвижный блок-участок
Средства обнаружения поезда на блок-участке	Одна рельсовая цепь на блок-участок с конденсаторами через каждые 100 м	Одна рельсовая цепь на блок-участок	Две рельсовые цепи на блок-участок	Три-четыре рельсовые цепи на блок-участок
Частоты, используемые рельсовыми цепями для обнаружения поезда	1700 и 2300 Гц для одного пути; 2000 и 2600 Гц для второго пути	50 и 178 Гц	720 и 900 Гц для одного пути; 840 и 1020 Гц для второго пути	475, 525, 575, 625, 675, 725, 775, 825, 875, 925 Гц с кодовыми признаками от К1 до К12
Необходимость в изолирующих стыках	Не требуются	Требуются	Не требуются	Не требуются
Средства передачи данных между сигнальными точками	Кабель	Рельсовая цепь	Кабель	Кабель
Централизация систем блокировки	Да	Нет	Да	Да
Возможность у диспетчера экстренно остановить поезд	Нет	Нет	Да	Да

и может применяться на участках различной интенсивности движения, в том числе на высоконагруженных участках в пригородных зонах. Поэтому система была принята в качестве ключевого элемента при реконструкции участков Московских центральных диаметров.

Система позволяет организовать бесцветное движение поездов с динамическим интервалом попутного следования (ПБУ) при использовании тональных рельсовых цепей.

На перегонах, оборудованных АБТЦ-МШ с АЛСО и ПБУ, отсутствуют проходные светофоры автоблокировки и знаки «Граница блок-участка». Движение поездов осуществляется по кодам АЛСН и АЛС-ЕН, сигнальное значение которых, в зависимости от поездной ситуации, определяется графиком сигнализации.

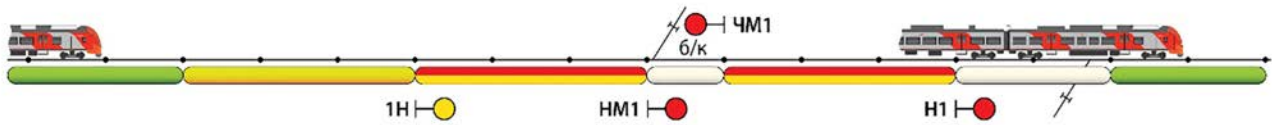
В АБТЦ-МШ используется бесстыковая рельсовая цепь с увеличенным объемом передаваемой информации автоматической локомотивной сигнализации (передаются сигналы как АЛСН, так и АЛС-ЕН, а в перспективе будет реализована передача сигналов двухчастотной АЛС-ЕН). За счет централизованного расположения аппаратных технических средств и применения современных устройств защиты от импульсных перенапряжений обеспечена

надежная система молниезащиты, при этом значительно сокращено количество технологических операций по обслуживанию системы за счет встроенной самодиагностики, внутреннего резервирования и возможности реконфигурации при отказах отдельных элементов системы. Система имеет надежный алгоритм формирования модели поездной ситуации по сигналам от рельсовых цепей и/или по информации о координатах поездов, передаваемой по радиоканалу. Еще одним достоинством АБТЦ-МШ является высокая живучесть и защищенность от кибератак.

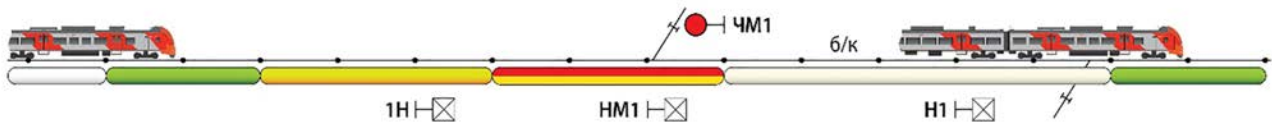
Как показывает практика, внедрение современной системы интервального регулирования движения поездов — АБТЦ-МШ с АЛСО и ПБУ — позволяет сократить межпоездные интервалы до 4 минут.

Технические решения АБТЦ-МШ с АЛСО и ПБУ были ранее применены на Московском центральном кольце, Восточном полигоне, обходе Украины, БАМе и позволяют осуществлять движение в правильном и неправильном направлениях с минимальными интервалами попутного следования поездов на участках интенсивного движения. К настоящему времени накоплен большой опыт внедрения и

■ Межпоездной интервал при задании маршрутов в режиме оператора



■ Межпоездной интервал при автоматическом режиме пропуска по станции



■ Межпоездной интервал при автоматическом режиме пропуска по станции при кодировании сигналами многозначной АЛС

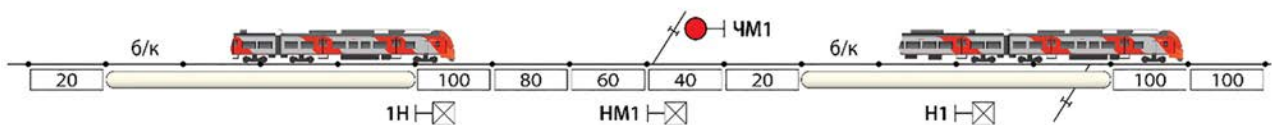


Рис. 1. Сравнение возможностей сближения попутно следующих поездов при разных вариантах сигнализации

эксплуатации АБТЦ-МШ, которой оснащено уже более 2,5 тыс. км сети железных дорог России, что служит дополнительным аргументом в пользу ее применения на всех участках Московских центральных диаметров.

Следует отметить, что благодаря внедрению системы АБТЦ-МШ обеспечивается возможность реализации безостановочного пропуска поездов по главным путям станций участка по сигналам автоматической локомотивной сигнализации, при задании маршрутов в ручном режиме либо в режиме автоматического управления с переводом напольных светофоров в недействующее состояние (по аналогии с техническими решениями, применяемыми на Московском центральном кольце). Это обеспечивает увеличение пропускной способности участка на 10–15 %, а при кодировании сигналами многозначной автоматической локомотивной сигнализации (АЛС-ЕН) — на 20–25 % (рис. 1).

Кроме того, за счет технологии автоматического пропуска поездов по главным путям станций участка по сигналам автоматической локомотивной сигнализации, отработанной на Московском центральном кольце, в отдельных случаях появляется возможность компенсировать неисправности электрической централизации средствами цифровой автоблокировки.

В этом случае движение поездов на станции осуществляется по показаниям локомотивного светофора (блока индикации КЛУБ-У/БЛОК), а на путевых светофорах (входных, маршрутных, выходных) сигнальные показания выключаются. Станционный путь (участок пути), переведенный при отказе электрической централизации в режим автоматического управления от устройств АБТЦ-МШ, образует единый участок совместно с прилегающими перегонами, и движение поездов на нем осуществляется в режиме АЛСО [14].

Функциональные возможности АБТЦ-МШ позволяют осуществлять увязку не только с микропроцессорной, но и с релейной централизацией всех типов. В случае необходимости режим автоматического пропуска поездов по станции может быть реализован с применением путевых устройств кодирования АЛС-ЕН при временной увязке с действующей аппаратурой рельсовых цепей до замены электрической централизации на микропроцессорную. Разумеется, в дальнейшем целесообразна модернизация существующей электрической централизации с переводом ее на цифру и обеспечением интеллектуального взаимодействия с цифровой системой АБТЦ-МШ, чтобы обеспечить максимальный эффект от внедрения технологии интервального регулирования

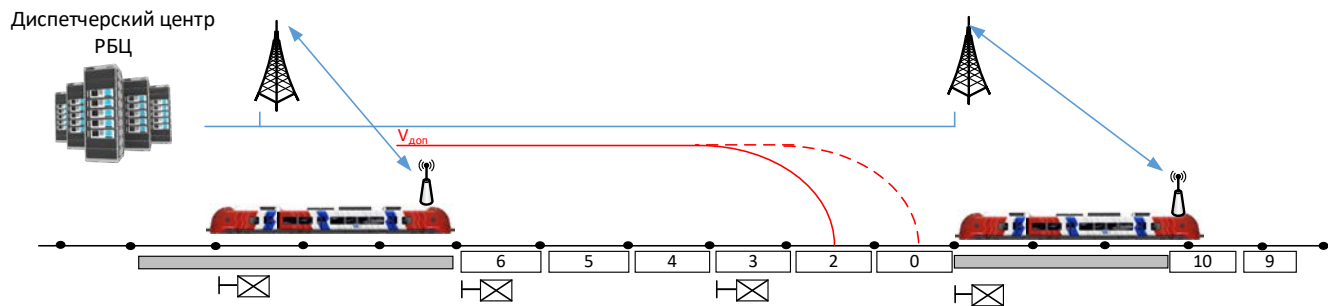


Рис. 2. Схема ИРДП в рамках РСУДП

движения поездов. При этом итоговое решение позволяет сделать реконструируемую станцию элементом сквозной цифровой технологии пропуска поездов по перегонам и станциям благодаря реализации в пределах станции технологии «подвижных» или «плавающих» блок-участков за хвостом движущегося поезда, которая обеспечивает движение попутно следующих поездов с перегона на станцию и далее на следующий перегон с одинаковым межпоездным интервалом.

Только такое комплексное развитие систем ЖАТ на перегонах и станциях на основе идеологии сквозной цифровой технологии интервального регулирования способно обеспечить текущие и перспективные требования к пропуску пассажирских и грузовых поездов на участках с растущей интенсивностью движения и одновременно удовлетворяет запрос отрасли на применение современных цифровых систем ЖАТ как важнейшего элемента цифровой трансформации всей парадигмы управления перевозочным процессом на сети железных дорог России. По этой причине АБТЦ-МШ является базовым компонентом перспективной российской системы управления движением поездов (РСУДП), в настоящее время разрабатываемой по заказу ОАО «РЖД» для линий высокоскоростного движения [15].

Структурно РСУДП является гибридной и, как и в гибридной системе ETCS/ERTMS уровня 3, предполагает управление по радиоканалу с опорой на информацию, получаемую от рельсовых цепей (рис. 2).

Внедряемая на Московских центральных диаметрах цифровая технология пропуска поездов на основе системы АБТЦ-МШ отвечает всем современным требованиям,

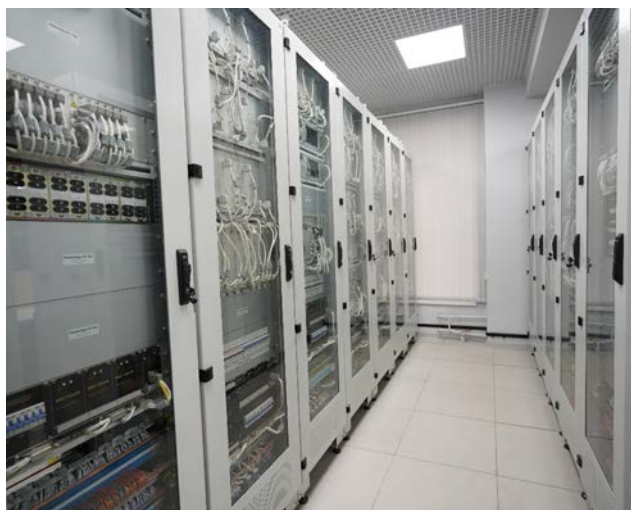


Рис. 3. Аппаратура АБТЦ-МШ, размещаемая в шкафах на станции

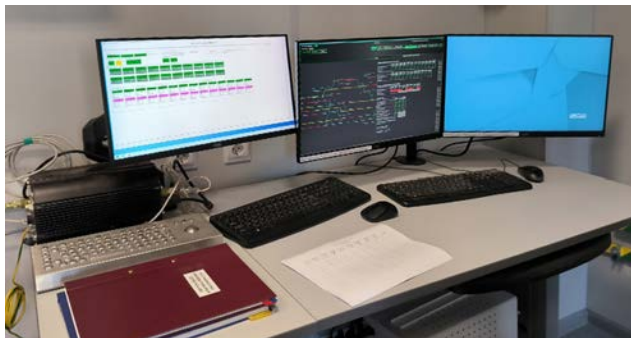


Рис. 4. Мониторы автоматизированного рабочего места сервисного терминала и электромеханика

предъявляемым к ответственным программно-аппаратным комплексам такого рода (рис. 3, 4). АБТЦ-МШ выполнена на российской элементной базе, использует в своем составе инновационные решения, оформленные в виде более десяти патентов ОАО «РЖД». Разработка программных продуктов и технических средств системы проведена в соответствии с действующими нормативными документами в области

функциональной и информационной безопасности. Система получила все необходимые сертификаты и заключения по безопасности, что является немаловажным фактором при выборе системы для организации движения поездов на таких интенсивных участках, как Московские центральные диаметры.

Внедрение АБТЦ-МШ на сети железных дорог России дополнительно несет с собой ряд положительных эффектов:

- уменьшение количества напольного оборудования (светофоров и кабеля) при строительстве по сравнению с типовой автоблокировкой и сокращение капитальных затрат на оборудование перегонов;
- снижение эксплуатационных затрат благодаря модульному построению системы и централизованной структуре;
- уменьшение сроков проведения проектных и монтажных работ;
- сокращение производственной площади в релейном помещении поста централизации или в контейнерном модуле электрической централизации;
- повышение надежности за счет применения микропроцессорной элементной базы и резервирования аппаратуры;
- повышение помехоустойчивости передачи информации за счет применения двойной относительной фазовой манипуляции сигналов и помехоустойчивых кодов.

3. Структура системы АБТЦ-МШ

С технологической точки зрения АБТЦ-МШ является структурно крупной и логически сложной динамически развивающейся системой, состоящей из большого набора функциональных модулей (рис. 5). При внедрении системы на объектах инфраструктуры требуется проведение целого комплекса мероприятий по ее адаптации. Благодаря использованию сертифицированной кроссплатформенной графической среды разработки удастся максимально автоматизировать этот процесс и в оперативном режиме выполнять такие проектные процедуры, как интеграция новых функциональных возможностей, конфигурирование системы, адаптация логики работы под конкретные объекты и т.д.

Специализированная графическая среда осуществляет генерацию исходного кода, подлежащего исполнению на ряде аппаратных платформ и операционных систем, в автоматическом режиме. Полученный с помощью данной среды исходный код удовлетворяет требованиям безопасности как российских (ГОСТ 61508-3—2012), так и международных стандартов (EN 50128), фактически является сертифицированным на уровне полноты обеспечения безопасности SIL 3/4. Среда разработки позволяет также выполнять симуляцию и отладку разработанного программного обеспечения для системы с верификацией программного обеспечения, что предоставляет широкий спектр возможностей для поиска и устранения ошибок при полном покрытии исходного кода. Благодаря встроенным средствам генерирования отчетных документов графическая среда разработки позволяет также формировать необходимую отчетную документацию по разработанному программному обеспечению.

Таким образом, за счет автоматизации ряда трудоемких процессов, таких как генерация исходного кода, исполнение текстовых сценариев, генерация отчетов о тестировании, анализ полноты покрытия требований, удастся значительно повысить скорость разработки и адаптации программного обеспечения системы АБТЦ-МШ, а также сократить количество ошибок, вносимых человеком.

Заключение

В статье рассмотрено развитие систем автоблокировки, являющихся основой систем ИРДП, и переход к новому типу организации бесветофорного движения поездов с ПБУ на базе системы АБТЦ-МШ. Данное технологическое решение является итогом эволюции микропроцессорных систем ЖАТ в условиях повышения интенсивности движения на железных дорогах ОАО «РЖД», особенно в пригородных зонах таких мегаполисов, как Москва.

Логика развития таких систем и опыт их применения на участках Московского центрального кольца и Московских центральных диаметров свидетельствуют о том, что в перспективе будет обеспечена возможность

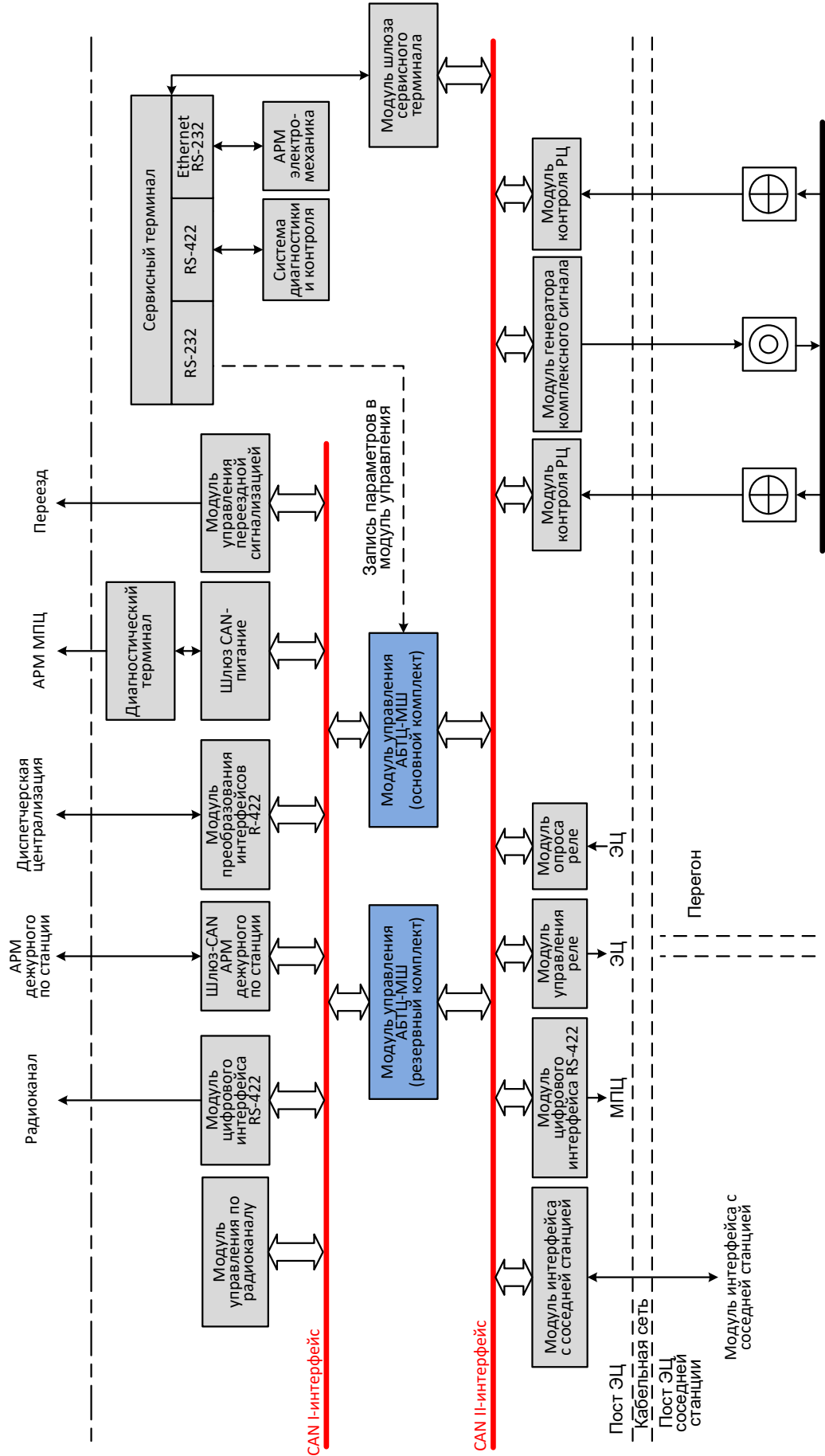


Рис. 5. Структурная схема системы АБТЦ-МШ:

АРМ — автоматизированное рабочее место; ЭЦ — электрическая централизация; МПЦ — микропроцессорная централизация; РЦ — рельсовая цепь

перехода на единую цифровую платформу централизованного управления движением поездов на перегонах и станциях с использованием безопасной облачной платформы. Такая работа уже ведется в рамках создания перспективной РСУДП, в которой интегрируются программная и аппаратная части микропроцессорных систем централизации стрелок и сигналов, автоблокировки и центра радиоблокировки. Дополнительным стимулирующим фактором ускорения работ в этом направлении может стать требование обеспечения импортонезависимости и использования отечественных программных продуктов с подтверждением их соответствия требованиям Федеральной службы по техническому и экспортному контролю. ▲

Библиографический список

1. Розенберг Е. Н. Комплексный подход к решению задачи повышения пропускной способности / Е. Н. Розенберг, А. В. Озеров, И. А. Панферов // Автоматика, связь, информатика. — 2022. — № 8. — С. 2–6. — DOI: 10.34649/AT.2022.8.8.001.
2. Воронин В. А. Комплексная технология интервального регулирования движения поездов / В. А. Воронин, И. Р. Гургенидзе, М. А. Дежков и др. — М.: АО «Т8 Издательские технологии», 2023. — 216 с.
3. Баранов А. Г. Современные решения по повышению пропускной способности участков железных дорог с инфраструктурными ограничениями / А. Г. Баранов, А. В. Озеров // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта: межвузовский сборник научных трудов. — М.: Российский университет транспорта, 2022. — С. 72–76.
4. Воронин В. А. Обеспечение минимального интервала попутного отправления поездов на перегон АЛСО и подвижными блок-участками / В. А. Воронин, В. С. Лобанова // Автоматика, связь, информатика. — 2021. — № 11. — С. 25–27.
5. Гургенидзе И. Р. Комплекс имитационного моделирования работы железнодорожных станций и участков / И. Р. Гургенидзе, С. В. Калинин, Д. Ю. Халевин и др. // Железнодорожный транспорт. — 2021. — № 12. — С. 38–42.
6. Бочков А. В. Об актуальных задачах и направлениях научно-технологического развития АО «НИИАС». Январь — май 2023 г. / А. В. Бочков // Наука и технологии железных дорог. — 2023. — Т. 7. — № 2(26). — С. 3–16.
7. Никитин А. Б. Управление движением поездов на высокоскоростных магистралях: общесистемные требования / А. Б. Никитин // Транспорт Российской Федерации. — 2017. — № 1. — С. 12–16.
8. Розенберг Е. Н. Современные системы управления движением поездов: отечественный и зарубежный опыт / Е. Н. Розенберг, Е. Е. Шухина, А. В. Озеров и т.д. — М.: ООО «Издательские решения», 2020. — 210 с.
9. Theeg G. Railway Signalling and Interlocking / G. Theeg, S. Vlasenko (Eds.). — 3rd Edition. — GmbH: PMC Media House, 2020. — 553 p.
10. Розенберг Е. Н. Построение систем управления и обеспечения безопасности движения поездов на ВСМ / Е. Н. Розенберг, А. В. Озеров // Железнодорожный транспорт. — 2018. — № 3. — С. 34–41.
11. Озеров А. В. Система управления и обеспечения безопасности движения высокоскоростных поездов / А. В. Озеров, А. П. Куроптева // Интеллектуальные транспортные системы: материалы II Международной научно-практической конференции, Москва, 25 мая 2023 года. — Москва: Российский университет транспорта, 2023. — С. 614–619. — DOI: 10.30932/9785002182794-2023-614-619.
12. Озеров А. В. Мировые тренды развития систем управления движением поездов / А. В. Озеров // Наука и технологии железных дорог. — 2022. — Т. 6. — № 4(24). — С. 10–14.
13. Озеров А. В. Зарубежные системы интервального регулирования движения поездов / А. В. Озеров, В. М. Малинов // Автоматика, связь, информатика. — 2022. — № 3. — С. 31–34. — DOI: 10.34649/AT.2022.3.3.005.
14. Шухина Е. Е. Этапы реализации гибридной технологии интервального регулирования движения поездов / Е. Е. Шухина, И. А. Панферов, А. И. Кузьмин // Железнодорожный транспорт. — 2022. — № 10. — С. 28–30.
15. Долгий А. И. Автономное движение — отечественный и зарубежный опыт / А. И. Долгий, Е. Н. Розенберг, А. В. Озеров и др. // Автоматика, связь, информатика. — 2022. — № 12. — С. 14–16. — DOI: 10.34649/AT.2022.12.12.002.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2023, Vol. 9, No. 4, pp. 324–332
DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-04-324-332

Digital Technologies for Train Passage through Sections and Stations — the Basis for Organizing Traffic on Moscow Central Diameters

Information about authors

Rozenberg E. N., Doctor in Engineering, Professor, First Deputy Director General.

E-mail: info@vniias.ru

Markov A. V., Head of Scientific and Technical Complex of Control Systems and Ensuring the Safety of Train Traffic. E-mail: a.markov@vniias.ru

Ozerov A. V., Head of International Department. E-mail: a.ozerov@vniias.ru

Research and Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport (JSC NIIS), Moscow

Abstract: The article discusses the development of automatic block systems, which form the basis of separation systems. It also highlights the key factors limiting the capacity on open lines, and ways to solve them. A brief overview of the foreign experience of the organization of train separation using automatic block system based on track circuits is given. The article shows the capabilities and role of the computer-based automatic block signalling system with a centralized placement of equipment, audio frequency track circuits and duplicating information transmission channels as an important element of the train traffic management at the sections of Moscow Central Diameters. The significance of the implemented non-stop passage of trains along the

main station tracks providing substantial section capacity increase is demonstrated. The necessity of building a digital system for train spacing is shown, which makes it possible to implement the moving block technology with-in the station ensuring the movement of trains on open lines and at stations with the same headway. The advantages of a new type of the computer-based automatic block signalling system as a basic element of a promising Russian train traffic control system and the positive effects of its implementation on the Russian railway network are indicated. The direction of development of train separation systems is outlined within the framework of further digitalization.

Keywords: train separation; automatic block system; ABTC-MSh system; moving block; interlocking; automatic cab signalling; train control system.

References

1. Rozenberg E. N. Kompleksnyj podhod k resheniyu zadachi povysheniya propusknoj sposobnosti [Integrated approach to increase railway capacity]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communication, informatics]. 2022, Iss. 8, pp. 2–6. (In Russian)
2. Voronin V. A., Gurgenidze I. P., Dezhkov M. A. *Kompleksnaya tekhnologiya interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poezdov* [Integrated train separation technology]. Moscow: AO "T8 Izdatel'skie Tekhnologii" Publ., 2023, 216 p. (In Russian)
3. Baranov A. G., Ozerov A. V. Sovremennye resheniya po povysheniyu propusknoj sposobnosti uchastkov zheleznih dorog s infrastrukturnymi ogranicheniyami [Modern solutions to increase the capacity of railways with infrastructure restrictions]. *Sovremennye problemy sovershenstvovaniya raboty zheleznodorozhnogo transporta: mezhdunarodnyy sbornik nauchnyh trudov* [Modern problems of improving railway transport: Interuniversity collection of scientific works]. Moscow: Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Rossijskij universitet transporta" Publ., 2022, pp. 72–76. (In Russian)
4. Voronin V. A., Lobanova V. S. Obespechenie minimal'nogo intervala poputnogo otpravleniya poezdov na peregon ALSO i podvizhnymi blok-uchastkami [Ensuring a minimum interval for passing trains to the ALSO section and moving block sections]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communications, informatics]. 2021, Iss. 11, pp. 25–27. (In Russian)
5. Gurgenidze I. R., Kalinin S. V., Halevin D. Yu. et al. Kompleks imitacionnogo modelirovaniya raboty zheleznodorozhnyh stancij i uchastkov [Complex of simulation modeling of the operation of railway stations and sections]. *Zheleznodorozhnyj transport* [Railway Transport]. 2021, Iss. 12, pp. 38–42. (In Russian)
6. Bochkov A. V. Ob aktual'nyh zadachah i napravleniyah nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya AO "NIIAS". Yanvar' — maj 2023 [On current tasks and directions of scientific and technological development of JSC "NIIAS". January — May 2023]. *Nauka i tekhnologii zheleznih dorog* [Railway Science and Technology]. 2023, vol. 7, Iss. 2(26), pp. 3–16. (In Russian)
7. Nikitin A. B. Upravlenie dvizheniem poezdov na vysokoskorostnyh magistralyah: obshchestvennye trebovaniya [Train control on high-speed lines: system-wide requirements]. *Transport Rossijskoj Federacii* [Transport of the Russian Federation]. 2017, Iss. 1, pp. 12–16. (In Russian)
8. Rozenberg E. N., Shukhina E. E., Ozerov A. V. et al. *Sovremennye sistemy upravleniya dvizheniem poezdov: Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt* [Modern train traffic control systems: Domestic and foreign experience]. Moscow: OOO "Izdatel'skie resheniya" Publ., 2020, 210 p. (In Russian)
9. Theeg G., Vlasenko S. (Eds.) *Railway Signalling and Interlocking*. 3rd Edition. GmbH: PMC Media House, 2020, 553 p.
10. Rozenberg E. N., Ozerov A. V. Postroenie sistem upravleniya i obespecheniya bezopasnosti dvizheniya poezdov na VSM [Design of train control systems and ensuring the safety of trains on the high-speed line]. *Zheleznodorozhnyj transport* [Railway Transport]. 2018, Iss. 3, pp. 34–41. (In Russian)
11. Ozerov A. V., Kuropteva A. P. *Sistema upravleniya i obespecheniya bezopasnosti dvizheniya vysokoskorostnyh poezdov. Intellektual'nye transportnye sistemy: materialy II Mezhunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 25 Maya 2023 goda* [Train control and safety system for high-speed trains. Intelligent transport systems: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, Moscow, May 25, 2023]. Moscow: Rossijskij universitet transporta Publ., 2023, pp. 614–619. DOI: 10.30932/9785002182794-2023-614-619. (In Russian)
12. Ozerov A. V. Mirovye trendy razvitiya sistem upravleniya dvizheniem poezdov [Global trends in the development of train control systems]. *Nauka i tekhnologii zheleznih dorog* [Railway Science and Technology]. 2022, vol. 6, Iss. 4(24), pp. 10–14. (In Russian)
13. Ozerov A. V., Malinov V. M. Zarubezhnye sistemy interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poezdov [Foreign train separation systems]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communications, informatics]. 2022, Iss. 3, pp. 31–34. DOI: 10.34649/AT.2022.3.3.005. (In Russian)
14. Shukhina E. E., Panferov I. A., Kuz'min A. I. Etapy realizacii gibridnoj tekhnologii interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poezdov [Stages of Implementation of the Hybrid Technology of Interval Train Traffic Control]. *Zheleznodorozhnyj transport* [Railway transport]. 2022, Iss. 10, pp. 28–30. (In Russian)
15. Dolgy A. I., Rozenberg E. N., Ozerov A. V. Avtonomnoe dvizhenie — otechestvennyj i zarubezhnyj opyt [Autonomous operation — domestic and foreign experience]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automation, communication, informatics]. 2022, Iss. 12, pp. 14–16. DOI: 10.34649/AT.2022.12.12.002. (In Russian)