

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СИСТЕМ СИГНАЛИЗАЦИИ, ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ МУРМАНСКОГО РЕГИОНА ОКТЯБРЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

КУШПИЛЬ Игорь Васильевич, канд. техн. наук, доцент кафедры¹; e-mail: i_kushpil@mail.ru
МОИСЕЕВ Владимир Валерьевич, главный инженер²; e-mail: moiseev@crtc.spb.ru

¹Петербургский государственный университет путей сообщения, Императора Александра I, кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», Санкт-Петербург

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, «Центр компьютерных железнодорожных технологий», Санкт-Петербург

Учитывая перспективы будущего развития межгосударственного сообщения в Северо-Западном регионе и положительный опыт эксплуатации линии Санкт-Петербург — Хельсинки, в статье проведен анализ состояния систем сигнализации, централизации и блокировки основных приграничных железнодорожных направлений Октябрьской железной дороги. Проведенный анализ показал, что существуют два наиболее перспективных приграничных железнодорожных участка, имеющих прямой выход к главному железнодорожному ходу и портам Баренцевого и Белого морей. Со стороны Финляндии: участок ст. Алакуртти — ст. Ручьи Карельские, который в перспективе можно продлить до ближайшей финской ст. Салла (70–75 км). Со стороны Норвегии: участок ст. Никель-Мурманский — ст. Кола, который планируется продлить до норвежской ст. Киркенес (50–60 км). На данных участках требуется модернизация систем сигнализации, централизации и блокировки. Дополнительно в статье предложено техническое решение по модернизации этих систем, с одновременным сокращением эксплуатационных затрат на их содержание. Суть решения состоит в использовании системы микропроцессорной централизации с распределенной архитектурой управления, принципами координатного управления движением поездов и применением малолюдных технологий обслуживания устройств сигнализации, централизации и блокировки.

Ключевые слова: Октябрьская железная дорога, Алакуртти, Никель-Мурманский, Мурманский порт, сигнализация, централизация, блокировка, автоматика и телемеханика, малодеятельные железнодорожные линии, межгосударственные перевозки, Финляндия, Норвегия.

DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-03-298-306

▼ Введение

Положительный опыт эксплуатации железнодорожной линии Санкт-Петербург — Хельсинки позволяет говорить о перспективах дальнейшего расширения международных перевозок между РФ и странами Северной Европы, с учетом будущего восстановления партнерских отношений между указанными странами, при стабилизации экономической и политической обстановки.

По мнению авторов, наиболее перспективные точки возможного межгосударственного стыкования находятся в Мурманском регионе Октябрьской железной дороги (ОЖД). В данном регионе сеть ОЖД граничит с Финляндией и Норвегией, тем не менее железнодорожное сообщение с этими странами отсутствует.

Наиболее значимым торгово-промышленным центром региона является Мурманский транспортный узел. В его состав входят: Мурманский морской торговый порт, Мурманский рыбный порт и другие портовые предприятия, расположенные на восточном берегу Кольского залива; железнодорожные станции Мурманск, Кола, Комсомольск-Мурманский, Ваенга и ряд других.

Остальные транспортные узлы сформированы в основном в зоне расположения горнообогатительных комбинатов и носят ярко выраженный промышленно-технологический характер. Крупнейшие из них Апатиты, Кировск и Оленегорск.

Перспектива развития Мурманского узла предусматривает строительство портовых комплексов на восточном берегу Кольского залива

с соответствующим развитием железнодорожной инфраструктуры и строительством новой.

В структуре грузопотоков, следующих по сети ОАО «РЖД» через порт Мурманск, прогнозируется увеличение доли объемов перевозок каменного угля при снижении удельного веса рудных грузов, химических и минеральных удобрений и нефтепродуктов [1].

Все вышесказанное позволяет утверждать, что появление новых межгосударственных транспортных коридоров обеспечит, в перспективе, экономический рост РФ. Кроме того, открытие такого сообщения представляет особый интерес для Норвегии и Финляндии, так как появление более короткого пути выхода на Байкало-Амурскую и Транссибирскую магистрали сократит время доставки грузов, которые ранее транспортировались по морским коридорам арктических вод РФ.

Ключевая роль в обеспечении безопасного пропуска поездов и потребной пропускной способности участков ложится на инфраструктуру систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ). Целью статьи является проведение анализа состояния систем СЦБ основных приграничных железнодорожных направлений Октябрьской железной дороги с целью получения выводов и принятия решений по их модернизации.

1. Основные положения

Системы СЦБ играют важнейшую роль в регулировании и обеспечении безопасности движения поездов на станциях, перегонах и переездах. К станционным системам СЦБ относятся системы централизации (механической, электрической, релейно-процессорной, микропроцессорной) и маршрутно-контрольные устройства. К перегонным системам СЦБ относятся системы интервального регулирования движения поездов, такие как электрожезловая система и телефонные средства связи, системы полуавтоматической блокировки, системы автоматической блокировки и автоматической локомотивной сигнализации. К переездным устройствам СЦБ относятся системы автоматической переездной сигнализации и заградительные устройства (шлагбаумы, щиты и пр.).

Для организации централизованного диспетчерского управления из одного отдельного пункта стрелками, сигналами светофоров и другими объектами станций применяют системы диспетчерской централизации (ДЦ), а для контроля состояния этих устройств системы диспетчерского контроля (ДК). Системы ДЦ и ДК «накладываются» на действующие станционные, перегонные и переездные системы СЦБ [2].

Анализ текущего состояния устройств СЦБ приграничных направлений Мурманского региона ОЖД был проведен по трем основным направлениям [3]:

- главный ход ст. Лоухи — ст. Мурманск протяженностью 445 км (рис. 1, участок *C — B — D*);
- примыкающий к главному ходу со стороны Финляндии участок ст. Алакуртти — ст. Ручьи Карельские протяженностью 99 км (рис. 1, участок *A — B*);
- примыкающий к главному ходу со стороны Норвегии участок ст. Никель-Мурманский — ст. Кола протяженностью 186 км (рис. 1, участок *E — D*).

Оценка технического состояния устройств СЦБ проводилась на основании отчета о научно-исследовательской работе Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I [4]. Стоит отметить, что данный проект финансировался программой приграничного сотрудничества между странами Северного Калотта¹ и Северо-Запада РФ (Kolarctic CBC 2014–2020) [5], участие в которой принимали авторы статьи.

2. Анализ технической оснащенности средствами сигнализации, централизации и блокировки основных направлений

2.1. Главный ход ст. Лоухи — ст. Мурманск

Протяженность главного хода Мурманского региона от ст. Лоухи до ст. Мурманск составляет 445 км. На данном участке расположена 31 станция и 10 блокпостов, имеется множество пассажирских платформ и остановочных

¹ Северная часть Норвегии, Швеции, Финляндии.

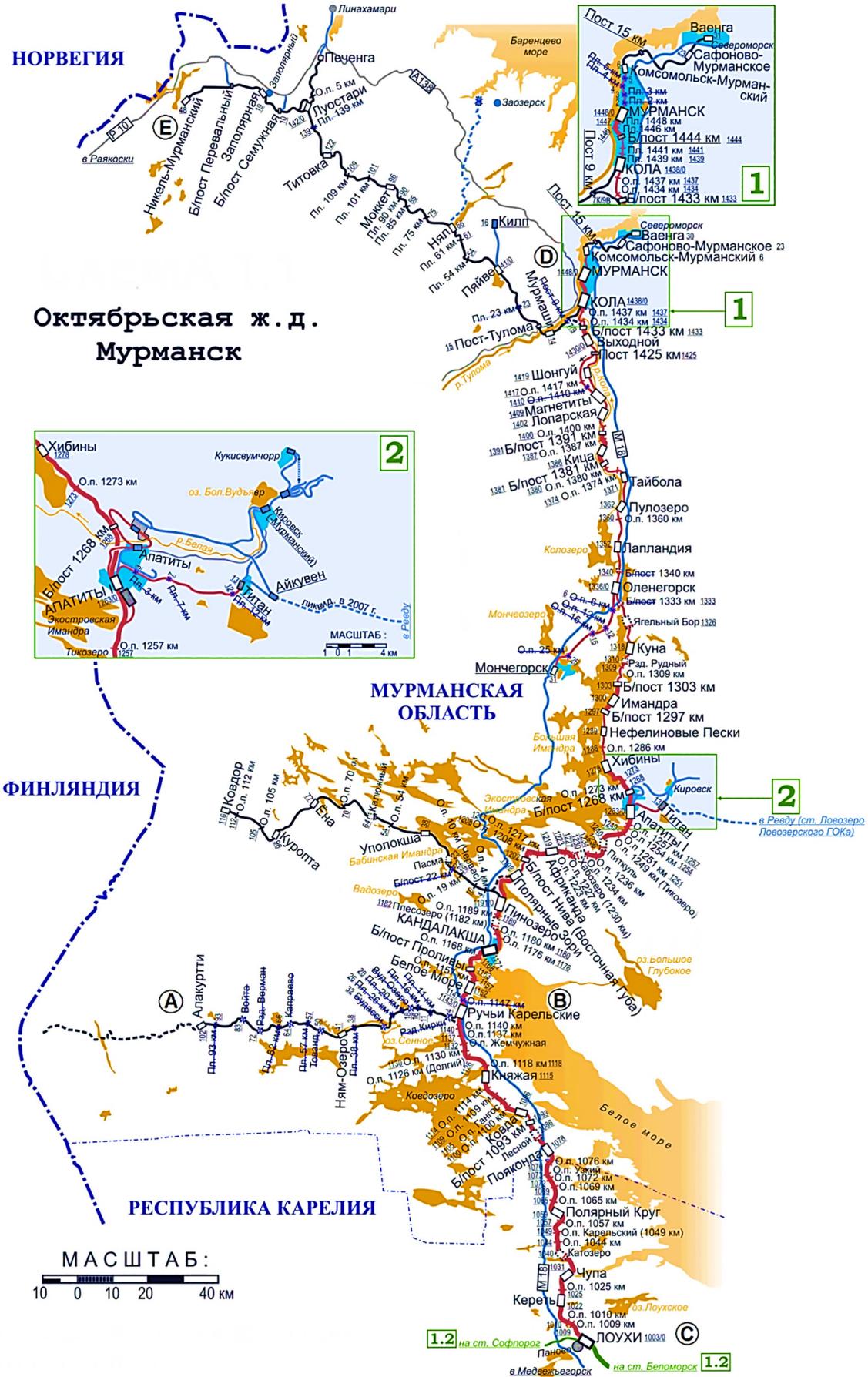


Рис. 1. Схема Мурманского региона Октябрьской железной дороги

пунктов. Участок ст. Лоухи — ст. Оленегорск двухпутный. Участок ст. Оленегорск — ст. Мурманск однопутный, с наличием двухпутных перегонов (вставок).

Участок электрифицирован переменным током, большинство станций и перегонов (около 90 %) оборудованы системами ДЦ «Нева», ДЦ «Сетунь» и системой АПК-ДК. Переезды в пределах участка оснащены системами СЦБ. Текущие размеры движения составляют порядка 30–40 пар поездов в сутки. Осуществляется регулярное пассажирское и грузовое движение. Пропуск поездов по участку выполняется круглосуточно.

Для пропуска поездов на данном участке применяются устаревшие системы числовой кодовой автоблокировки трех типов: однопутная кодовая автоблокировка переменного тока 25 и 50 Гц с электротягой, двухпутная кодовая автоблокировка переменного тока и двухпутная кодовая автоблокировка переменного тока 25 и 50 Гц с электротягой.

Станции участка оснащены более чем десятью различными системами электрической централизации (ТР-66, МРЦ-9, МРЦ-13, МРЦ-16-78, МРЦ-17, ЭЦ-2, ЭЦ-4, ЭЦ-8, ЭЦ-9, ЭЦ-12-80, ЭЦ-К-2000, ЭЦИ). Некоторые типы централизаций, например ЭЦ-2, ЭЦ-4 и ЭЦ-8, исключают маневровую работу на станциях. Все станции оснащены электрически централизованными стрелками, светофорами и рельсовыми цепями переменного тока 25 Гц различных типов (фазочувствительные, импульсные и кодовые).

Практически на всем участке эксплуатируются морально и физически устаревшие системы СЦБ, срок службы которых составляет более 40–50 лет. Так, на ряде станций (Мурманск, Африканда, Полярные Зори, Пинозеро, Лопарская, Тайбола, Лапландия, Хибины, Белое Море) эксплуатируются устаревшие системы централизации ТР-66 и ЭЦ-2, построенные в 60-х годах прошлого столетия [6].

Данный анализ показывает, что, несмотря на необходимость модернизации и замены многих станционных и перегонных систем СЦБ, на участке обеспечиваются размеры движения на уровне 30–40 пар поездов в сутки. В случае возникновения потребности

в увеличении пропускной способности рекомендуется строительство дополнительных вторых путей (двухпутных вставок), а также замена действующих систем СЦБ.

2.2. Участок ст. Алакуртти — ст. Ручьи Карельские

Протяженность участка ст. Алакуртти — ст. Ручьи Карельские составляет 99 км. На данном участке расположено 3 станции, 8 недействующих пассажирских платформ и 5 недействующих остановочных пунктов. Участок неэлектрифицированный, однопутный на всей своей протяженности и является малодеятельным; не оборудован системами ДЦ и ДК. Переезды в пределах участка устройствами СЦБ не оснащены.

Текущие размеры движения составляют не более 1 пары поездов в сутки. Существующая инфраструктура СЦБ позволяет обеспечить пропускную способность в пределах 10 пар поездов в сутки. В период ночного времени пропуск поездов по участку не осуществляется. Пассажирское движение отсутствует, а незначительное грузовое движение обеспечивает доставку горючего (бензин и дизельное топливо) в село Алакуртти.

Для организации движения на участке ст. Алакуртти — ст. Ручьи Карельские применяется электрожелезная система. Для ограждения станций используются семафоры, управляемые при помощи гибких передач с поста централизации. На ст. Алакуртти и ст. Няозеро все стрелки переводятся вручную дежурными стрелочных постов, а правильность установки маршрутов определяется маршрутно-контрольными устройствами, установленными в постовом помещении станции. Рельсовые цепи на этих станциях отсутствуют. Так как ст. Ручьи Карельские находится на главном ходу, она оснащена стрелками, включенными в электрическую централизацию, рельсовыми цепями переменного тока 25 Гц, системой электрической централизации релейного типа ЭЦ-2, системой ДЦ «Нева» и системой АПК-ДК.

Перспективной возможностью, при стабилизации отношений со странами Северной Европы, является продление железнодорожной



Рис. 2. Входной семафор на станцию Войта (недействующая)



Рис. 3. Вид на станцию Алакуртти с восточной горловины

линии от ст. Алакуртти до ст. Салла (Финляндия). Ориентировочная протяженность участка составит 70–75 км. Текущее состояние устройств СЦБ участка ст. Алакуртти — ст. Ручьи Карельские можно охарактеризовать как неудовлетворительное (рис. 2, 3) [7]. На всех станциях эксплуатируются устаревшие системы СЦБ, построенные более 40 лет назад.

В случае появления грузового и пассажирского движения увеличение пропускной способности до уровня 20–30 пар поездов в сутки не представляется возможным при действующих устройствах СЦБ и состоянии железнодорожного пути. Потребуются значительные капитальные вложения в инфраструктуру СЦБ этого участка — в случае продления линии до ст. Салла.

2.3. Участок ст. Никель-Мурманский — ст. Кола

Протяженность участка ст. Никель-Мурманский — ст. Кола составляет 186 км. На данном участке расположено 9 станций, 3 блок-поста и 7 пассажирских платформ. Участок неэлектрифицированный, однопутный на всей протяженности и является малодетальным; частично оборудован системами ДЦ. Переезды в пределах участка частично оснащены устройствами СЦБ.

Текущие размеры движения на участке ст. Никель-Мурманский — ст. Заполярная составляют 0,8 пары поездов в сутки; на участке ст. Заполярная — ст. Кола — 1 пара поездов в сутки. Максимально возможная пропускная способность участка, при существующем состоянии

инфраструктуры СЦБ, может достигать 15–20 пар поездов в сутки. Осуществляется пассажирское и грузовое движение. Пропуск поездов по участку осуществляется круглосуточно.

Для интервального регулирования движения поездов на данном участке применяется система полуавтоматической блокировки.

На станциях Никель-Мурманский, Луостари, Пяйве и Мурмаши все стрелки переводятся вручную дежурными стрелочных постов, а правильность установки маршрутов определяется маршрутно-контрольными устройствами, установленными в постовых помещениях станций. Рельсовые цепи на этих станциях отсутствуют. На остальных станциях участка имеются электрически централизованные стрелки и релейные системы электрической централизации, включенные в ДЦ.

Перспективной возможностью, при стабилизации отношений со странами Северной Европы, является продление железнодорожной линии от станции Никель-Мурманский до ст. Киркенес (Норвегия). Ориентировочная протяженность данного участка составит 50–60 км. Текущее состояние устройств СЦБ участка ст. Никель-Мурманский — ст. Кола, можно охарактеризовать как неудовлетворительное. На большинстве станций эксплуатируются устаревшие системы СЦБ, построенные более 40 лет назад. Исключение могут составить лишь станции Титовка и Моккет, оснащенные системой электрической централизации контейнерного типа ЭЦ-К менее 15 лет назад. Увеличение пропускной способности до уровня 20–30 пар поездов в сутки не

представляется возможным при действующих устройствах СЦБ и состоянии железнодорожного пути. Потребуется значительные капитальные вложения в инфраструктуру СЦБ и железнодорожного пути этого участка — в случае строительства новой линии до ст. Киркенес.

3. Технические решения по модернизации инфраструктуры СЦБ на рассматриваемых приграничных участках

С целью модернизации инфраструктуры систем СЦБ, с одновременным сокращением эксплуатационных затрат на ее содержание для рассматриваемых приграничных участков авторами статьи предлагается использование системы микропроцессорной централизации с распределенной архитектурой управления [8], принципами координатного управления движением поездов и применением малолюдных технологий обслуживания устройств СЦБ.

В качестве примера была выбрана малодетальная линия ст. Заполярная — ст. Кола. Протяженность линии Заполярная — Кола составляет 160 км. На линии расположено 8 станций, 2 остановочных пункта и 8 пассажирских платформ. Линия однопутная, неэлектрифицированная.

На станциях Луостари, Пяйве и Мурмаши все стрелки переводятся вручную дежурными стрелочных постов, а правильность установки маршрутов определяется маршрутно-контрольными устройствами. Остальные станции участка оснащены релейными системами централизации и электрическими стрелками, включенными в централизацию. В качестве сигнальных устройств используются светофоры [9].

Кабельные линии межстанционной связи находятся в неудовлетворительном состоянии, так как эксплуатируются более 40 лет. Штат работников составляют сменные дежурные по станциям и дежурные стрелочных постов.

Суть технического решения заключается в следующем. В качестве опорной станции выбрана ст. Кола, где устанавливаются вычислительная аппаратура, два комплекта автоматизированных рабочих мест дежурного по станции и электромеханика, каналобразующая аппаратура волоконно-оптической линии передачи, цифровая радиоаппаратура, антенно-фидерное оборудование. На опорной станции устраивается пост мини-ДЦ и предусматривается 4 сменных дежурных по станции, для оперативного управления движением поездов и управления станционными объектами промежуточных станций всего участка.

На промежуточных станциях, оборудованных электрической централизацией, устанавливаются устройства сопряжения со станционными объектами управления и контроля (стрелки, освещение на станции и т. д.), каналобразующая аппаратура волоконно-оптической линии передачи, цифровая радиоаппаратура, антенно-фидерное оборудование. На станциях, оборудованных маршрутно-контрольными устройствами, на ручные стрелки дополнительно устанавливаются внешние электрические замыкатели или они блокируются в одном из крайних положений.

На промежуточных станциях (кроме ст. Кола) существующие системы СЦБ выключаются из эксплуатации и используются только в качестве резерва.

Техническая оснащенность линии Заполярная — Кола

Станция	Станционная система СЦБ	Год внедрения	Количество стрелок	Тип рельсовых цепей	Тип сигнальных устройств
Заполярная	ТР-66	1965	23	25 Гц	Светофоры
Луостари	МКУ	1967	12	—	Светофоры
Титовка	ЭЦ-К	2007	5	25 Гц	Светофоры
Моккет	ЭЦ-К	2008	6	25 Гц	Светофоры
Нял	ЭЦ-9	1980	11	25 Гц	Светофоры
Пяйве	МКУ	1967	15	—	Светофоры
Мурмаши	МКУ	1967	15	—	Светофоры
Кола	МРЦ-9	1978	59	25 Гц	Светофоры

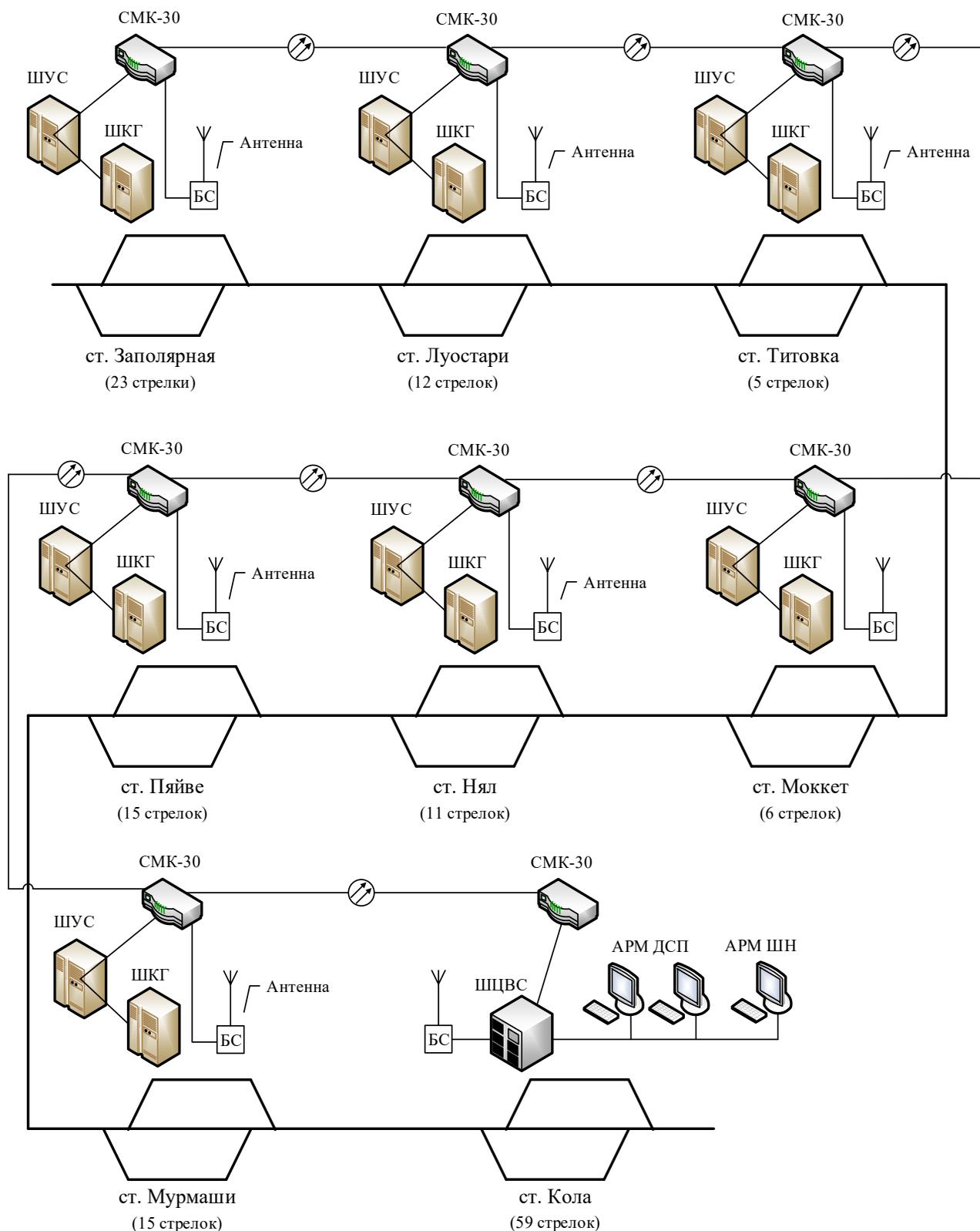


Рис. 4. Структурная схема предлагаемых технических решений

Каждый локомотив на участке оборудуется бортовым локомотивным компьютером, бортовой системой контроля целостности поездов, антенной и возимой цифровой радиостанцией.

Положительный технико-экономический эффект заключается в сокращении персонала, высвобождении производственных площадей и снижении эксплуатационных расходов на участке.

Расходная часть проекта заключается в потребности капитальных вложений в дооборудование станций и локомотивов аппаратурой СЦБ и радиосвязи, прокладке волоконно-оптической линии передачи, а также в дальнейшем содержании этих устройств.

Предлагаемые технические решения представлены в виде структурной схемы (рис. 4). На рисунке приняты следующие сокращения: ШЦВС — шкаф центральной вычислительной системы; ШУС — шкаф устройств сопряжения, в составе с контроллерами безопасного сопряжения с объектами; ШКГ — шкаф кроссовый грозозащитный; БС — цифровая базовая станция; СМК-30 — мультисервисный мультиплексор; АРМ ДСП, АРМ-ШН — автоматизированные рабочие места дежурного по станции и дежурного электромеханика.

Заключение

В результате проведенного анализа текущего состояния инфраструктуры СЦБ Мурманского региона Октябрьской железной дороги были получены следующие результаты.

1. На главном ходу ст. Лоухи — ст. Мурманск существующие системы СЦБ требуют модернизации или замены, главным образом на тех станциях, где эксплуатируются системы централизации устаревших типов ТР-66, ЭЦ-2, ЭЦ-4, МРЦ, срок службы которых превышает 40–50 лет. На многих станциях участка применяются фазочувствительные рельсовые цепи частотой 25 Гц. Как правило, данный вид аппаратуры имеет значительные потребляемые мощности, выводится из эксплуатации и не проектируется на вновь строящихся объектах. Несмотря на это, действующие системы СЦБ обеспечивают пропускную способность на уровне 30–40 пар поездов в сутки. Полная модернизация или замена систем СЦБ не обеспечат значительного увеличения пропускной способности. Для существенного увеличения пропускной способности потребуется строительство второго пути на участке ст. Кандалакша — ст. Мурманск и удлинение приемоотправочных путей на некоторых промежуточных станциях.

2. На участке ст. Алакуртти — ст. Ручьи Карельские эксплуатируются морально и

физически устаревшие ручные системы СЦБ, построенные более 40 лет назад. Эти системы не подлежат модернизации, и требуется их полная замена. Рекомендуется проведение полной реконструкции инфраструктуры СЦБ данного участка, включая строительство системы автоблокировки.

3. На участке ст. Никель-Мурманский — ст. Кола срок службы всех систем СЦБ имеет различные показатели. Только 22 % устройств имеют срок эксплуатации не более 20 лет, остальные системы СЦБ были построены более 40 лет назад. Стоит отметить важный аспект по станциям Титовка и Моккет, а именно наличие системы электрической централизации типа ЭЦ-К. Данная система применяется только на станциях с однопутными перегонами, что исключает строительство вторых путей на перегонах, или требует замены этого типа электрических централизаций. Рекомендуется проведение полной реконструкции инфраструктуры СЦБ данного участка, включая строительство системы автоблокировки.

4. Предлагаемые технические решения по модернизации инфраструктуры СЦБ на рассматриваемых приграничных участках могут упростить ее строительство и дальнейшую эксплуатацию, а также обеспечить гибкость при адаптации к возможным сезонным изменениям размеров движения поездов на участках. ▲

Библиографический список

1. Абрамова М. «Ленгипротранс» проектирует расширение подходов к Мурманскому порту / М. Абрамова // Гудок. — Вып. № 49 (26422) 27.03.2018. — URL: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1408727&archive=2018.03.27> (дата обращения: 23.12.2019).
2. Андерс Э. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира / Э. Андерс, А. А. Лыков, О. А. Наседкин и др. — М.: Интекст, 2010. — 496 с.
3. Переезд.ру. — URL: http://www.pereyezd.ru/readarticle.php?article_id=133 (дата обращения: 30.01.2019).
4. Отчет о НИР: КО2011 — Arctic Railway Infrastructure in Kolarctic (ARINKA II), в рамках программы приграничного сотрудничества Kolarctic CBC Programme 2014–2020, Санкт-Петербург, Грант 2019.
5. Kolarctic CBC 2014–2020. — URL: <https://kolarctic.info/kolarctic-2014-2020/> (дата обращения: 06.02.2020).
6. Определение потребности в усилении пропускной способности железнодорожных участков по устройствам электроснабжения и развитию устройств СЦБ и связи на подходах к портам Северо-Западного бассейна на период до 2025 года // Отчет о НИР / ПГУПС, Санкт-Петербург, 2017.

7. Сидоренко К. Ручьи Карельские — Алакуртти [1/5] / К. Сидоренко // LiveJournal. — URL: <https://kirsidor.livejournal.com/28058.html> (дата обращения: 06.02.2019).
8. Никитин А. Б. Интеллектуальные функции управления в микропроцессорных системах централизации /

- А. Б. Никитин, О. А. Наседкин, А. А. Лыков и др. // Автоматика на транспорте. — 2023. — Т. 9. — № 1. — С. 63–71. — DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-01-63-71.
9. Паспорта малодетальных железнодорожных линий Октябрьской железной дороги ОАО «РЖД». М., 2017.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2023, Vol. 9, No. 3, pp. 298–306
DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-03-298-306

Analysis of the State Automation and Remote Control Systems Infrastructure in the Murmansk Region of the Oktyabrskaya Railway

Information about authors

Kushpil I. V., PhD in Engineering, Associate Professor¹. E-mail: i_kushpil@mail.ru

Moiseev V. V., Chief Engineer². E-mail: moiseev@crtc.spb.ru

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, “Automation and Remote Control on Railways” Department, Saint Petersburg

²Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, “Computer Railway Technology Center”, Saint Petersburg

Abstract:

Given the prospects for the future development of interstate transportation in the Northwest region and the positive experience of operating the St. Petersburg — Helsinki line, the article conducts an analysis of the state automation and remote control systems on the main cross-border railway routes of the Oktyabrskaya Railway. The conducted analysis revealed that there are two most promising cross-border railway sections with direct access to the main railway line and the ports of the Barents and White Seas. From the Finnish side: the section from Alakurtti station to Ruchii Karelskiye station, which can potentially be extended to the nearest Finnish station, Salla (approximately 70–75 km). From the Norwegian side: the section from Nickel-Murmansk station to Kola station, with plans to extend it to the Norwegian station, Kirkenes (approximately 50–60 km). On these sections, there is a need for the modernization automation and remote control systems. Additionally, the article proposes a technical solution for the modernization of these systems, with simultaneous reduction in operational costs for their maintenance. The essence of the solution lies in the utilization of a microprocessor interlocking system with a distributed control architecture, the principles of coordinate train traffic management, and the application of minimally-manned maintenance technologies for automation and remote control systems devices.

Keywords: Oktyabrskaya Railway, Alakurtti, Nickel-Murmansk, Murmansk port, railway signalling system, automation and remote control, low-density railway lines, interstate transportation, Finland, Norway.

References

1. Abramova M. “Lengiprotrans” projektiruet rasshirenie podkhodov k Murmanskomu portu [“Lengiprotrans” designs the expansion of approaches to the port of Murmansk]. Gudok, Iss. 49 (26422) 27.03.2018. Available at: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1408727&archive=2018.03.27> (accessed: December 23, 2019). (In Russian)
2. Anders E., Lykov A. A., Nasedkin O. A. et al. *Sistemy avtomatiki i telemekhaniki na zheleznykh dorogakh mira* [Systems of automation and telemechanics on the railways of the world]. Moscow: Intekst Publ., 2010, 496 p. (In Russian)
3. Pereezd.ru. Available at: http://www.pereezd.ru/readarticle.php?article_id=133 (accessed: January 30, 2019). (In Russian)
4. *Otchet o NIR: KO2011 — Arctic Railway Infrastructure in Kolarctic (ARINKA II), v ramkakh programmy prigranichnogo sotrudnichestva Kolarctic CBC Programme 2014–2020* [Research report: KO2011 — Arctic Railway Infrastructure in Kolarctic (ARINKA II), within the framework of the Kolarctic CBC Program 2014–2020]. St. Petersburg, Grant 2019. (In Russian)
5. Kolarctic CBC 2014–2020. Available at: <https://kolarctic.info/kolartic-2014-2020/> (accessed: February 6, 2020).
6. *Opreделение potrebnosti v usilenii propusknoy sposobnosti zheleznodorozhnykh uchastkov po ustroystvam elektrosnabzheniya i razvitiu ustroystv STsB i svyazi na podkhodakh k portam Severo-Zapadnogo basseyna na period do 2025 goda* [Determining the need to increase the capacity of railway sections for power supply devices and the development of signaling and communication devices on the approaches to the ports of the North-Western basin for the period up to 2025]. *Otchet o NIR* [Report on research], St. Petersburg: PGUPS, 2017. (In Russian)
7. Сидоренко К. Ручьи Карельские — Алакуртти [1/5] [Karelian streams — Alakurtti [1/5]]. LiveJournal. Available at: <https://kirsidor.livejournal.com/28058.html> (accessed: February 6, 2019). (In Russian)
8. Никитин А. Б., Наседкин О. А., Лыков А. А. et al. Интеллектуальные функции управления в микропроцессорных системах централизации [Intelligent control functions in microprocessor centralization systems]. *Avtomatika na transporte* [Transport automation research]. 2023, vol. 9, Iss. 1, pp. 63–71. DOI: 10.20295/2412-9186-2023-9-01-63-71. (In Russian)
9. *Pasporta malodeyatel'nykh zheleznodorozhnykh liniy Oktyabr'skoy zheleznoy dorogi OAO “RZhD”* [Passports of low-density railway lines of the Oktyabrskaya Railway of Russian Railways]. Moscow, 2017. (In Russian)