

Эксплуатация транспортных систем

УДК 656.25:656.27

**А. Б. Никитин, д-р техн. наук,
И. В. Кушпиль**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

И. М. Кокурин, д-р техн. наук

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук

В. А. Шаров, д-р техн. наук

Кафедра «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте»,
Российский университет транспорта

НОВЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА МАЛОДЕЯТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ОАО «РЖД»

Рассмотрены основные проблемы, возникающие при эксплуатации малодеятельных линий, – финансовая убыточность и «информационная слепота» диспетчерского аппарата относительно поездной обстановки на таких линиях. Дан краткий обзор известных способов решения этих проблем. Подчеркнута важность сохранения малодеятельных линий в составе железнодорожной инфраструктуры. Приводится актуальная информация по технико-эксплуатационным и финансовым характеристикам всех 32 малодеятельных линий Октябрьской железной дороги. На основе этого предложен новый подход к организации движения поездов, способный обеспечить сохранение малодеятельных линий в составе ОАО «РЖД» за счет снижения расходов на содержание устройств сигнализации, централизации и блокировки и сокращения станционного штата службы «Д». Выполнен расчет временных затрат на формирование маршрутов приема и отправления поездов до и после реализации нового технологического подхода.

малодеятельная линия; малоинтенсивная линия; второстепенная линия; проблемы содержания линий; управление движением поездов; концентрация оперативного управления; Train-Order; сокращение эксплуатационных затрат; технико-эксплуатационные и финансовые характеристики малодеятельных линий; временные задержки поездов

Введение

Проблема убыточности малодеятельных железнодорожных линий (МДЛ) характерна для многих стран мира. За рубежом такие линии получили название low-density line. Нередко в различных источниках встречаются и другие

названия: low-traffic line, secondary line, tertiary line, light traffic line, low active line, low capacity line, branch line, spur line [1, 2].

В России в соответствии с распоряжением [3] линия считается малодеятельной, если суммарный размер движения пассажирских и грузовых поездов не более 8 пар в сутки, а приведенная грузонапряженность составляет 5 млн т-км брутто/км в год и менее. Это, как правило, участок, не приносящий доходов, но требующий финансовых вложений для поддержания работоспособного состояния.

Другой проблемой является то, что МДЛ все еще являются «белыми пятнами» полигонов управления и представляют собой барьерные места, затрудняющие эффективное использование железнодорожной инфраструктуры [4]. Данные линии эксплуатируются в условиях «информационной слепоты», так как у диспетчеров отсутствует полная картина поездной обстановки по ряду причин:

- станции зачастую имеют ключевую зависимость стрелок и сигналов (КЗСС) и маршрутно-контрольное устройство;
- станции, ранее оборудованные ЭЦ, не включены в диспетчерскую централизацию;
- не контролируется состояние перегонов;
- полносоставность поезда определяется визуально;
- отсутствуют надежные информационные каналы связи с вышестоящими уровнями управления.

В работе [5] отмечено, что обязательным условием комплексного и эффективного управления перевозочным процессом является формирование информационной картины не только главных направлений, но и малодеятельных участков.

1 Опыт решения проблем малодеятельных линий

В ряде стран для решения проблем МДЛ применялась система Train-Order (поездной приказ выдавался машинисту на бланке, в нем был зафиксирован приказ диспетчера) (рис. 1) [6]. При этом линии устройствами СЦБ не оборудовались, а вся ответственность за безопасность движения поезда возлагалась на поездную бригаду.

Положительный эффект от использования системы заключался в минимальных затратах на ее реализацию. Однако, как показал опыт, из-за регулярных аварий, вызванных рассинхронизацией часов машинистов, и значительного влияния «человеческого фактора» на безопасность движения поездов от системы Train-Order пришлось отказаться. Известны и другие подходы:

- использование радиоблокировки RBS (Швеция [7], Китай [8]);

- перевод МДЛ под действие правил эксплуатации трамвайного транспорта (Германия [9]);
- управление движением поездов по радиосвязи с использованием отжимных стрелок (Германия [10]);
- применение систем спутникового позиционирования (Германия [11]);
- использование МПЦ Ebicab 900 совместно с автоматической локомотивной сигнализацией (АЛС) (Финляндия [12])
- использование эффекта Доплера для определения местоположения подвижных единиц (Япония [13]).

19 **THE VIRGINIAN RAILWAY COMPANY** **19**

2 → Train Order No. 7
3 → DEC. 6, 1954

4 → To: C&E ENG 446 AT KLOTZ

ENG 446 RUN EXTRA KLOTZ TO ROANOKE. **5** ←

DISPATCHER DODD

CONDUCTOR OR ENGINMAN MUST HAVE A COPY OF THIS ORDER

6 → Made COM Time 4:35 AM MMD Opr.

- 1 – номер формы (№ 19 можно получить, не останавливая поезд и не расписываясь; № 32 можно получить, только остановив поезд и расписавшись);
- 2 – номер приказа;
- 3 – дата составления;
- 4 – кому адресован: «С&Е» означает «Conductor and Engineer»;
- 5 – текст приказа (слова, продиктованные диспетчером экипажу поезда, ниже – фамилия диспетчера);
- 6 – фиксирование слов диспетчера станционным оператором после проверки «СОМ» (означает «Complete»).

Рис. 1. Бланк Train-Order 1954 г.

В исследовании [1] было установлено, что не все перечисленные подходы могут быть применимы на МДЛ сети ОАО «РЖД». Это связано с разногласиями в нормативной железнодорожной документации и различными приоритетами транспортного развития каждой страны в отдельности.

Очевидно, что оснащение всех станций современными системами релейно-процессорной и микропроцессорной централизации (МПЦ) с дальнейшим их включением в диспетчерскую централизацию обеспечило бы надлежащий уровень безопасности движения и решило бы проблему «информаци-

онной слепоты». Однако это приведет МДЛ в состояние еще большей убыточности, так как низкие доходы от перевозок не окупят капиталовложений.

Нередко руководства дорог предпринимают попытки сокращения расходов путем закрытия таких линий, но в большинстве случаев это неосуществимо, так как может возникнуть социальная напряженность в отдаленных регионах [14]. Стоит отметить, что большинство МДЛ обеспечивают маневренность железнодорожных войск на случай военных действий и чрезвычайных ситуаций, что свидетельствует о необходимости сохранения МДЛ в составе инфраструктуры ОАО «РЖД» любой ценой [15].

2 Современное состояние

На полигоне Октябрьской железной дороги (ОКЖД) по состоянию на 01.01.2017 эксплуатируются 32 малодеятельные линии общей протяженностью 2340 км, 17 из них убыточные [16]. Суммарный убыток ОКЖД от таких линий ежегодно составляет 777 млн рублей (табл. 1).

Станции полигона МДЛ характеризуются низким уровнем технической оснащенности, из-за чего возникает необходимость содержания штата работников, выполняющих по большей части ручную работу и рутинные операции, влекущие неоправданные расходы. Постоянный станционный штат состоит из ДСП и дежурных стрелочных постов.

По численности рабочих и расходам службы «Д» (см. табл. 1) можно сделать вывод о неэффективности организации перевозочного процесса. Так, например, на 1,7 км линии Калязин Пост – Углич приходится один работник службы «Д», содержание которого обходится ОКЖД в 0,76 млн руб./год ($\approx 63\,333$ руб./мес.). Сокращение 15 таких работников позволило бы получить положительный финансовый результат работы линии в размере 2,4 млн руб./год (вместо 9 млн руб./год убытков). Таким образом, даже при незначительных размерах движения существует возможность вывести МДЛ из убыточного состояния.

Однако сокращение работников службы «Д» требует внесения изменений в существующий порядок организации движения поездов на станциях и перегонах.

3 Новый подход

Основные положения нового подхода к организации движения поездов на МДЛ сводятся к следующему.

1. МДЛ средствами централизации и блокировки (СЦБ) не оборудуется, за исключением системы счета осей (ССО) и автоматической переездной сигнализацией (АПС).

Таблица 1. Технико-эксплуатационные и финансовые характеристики МДЛ ОКЖД (по состоянию на 01.01.2017)

№ п/п	Малодальняя линия	ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ										ФИНАНСОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ									
		Эксплуатационная длина, км	Система СЦБ	Размеры движения пар поездов/сут.			Грузонапряженность, млн ткм брутто/км	Количество грузо-вых вагонов, ед./сут.	Количество пассажиров чел./сут.	Количество рабочих по службам, чел.			Расходы по службам, млн руб./год			Выручка за перевозки, млн руб./год			Финансовый результат руб./год		
				груз.	пасс.	приг.				Д	Т	Д	Д	Д	Д	Т	Т	Т		груз.	пасс.
1.	Казяин Пост – Углич	48	ПАБ	0,1	0	1	0,1	3	32,9	8,4	28	14	11,2	21,3	15,3	33	0	4,5	-9		
2.	Бологое-Полоцкое – Соблаго	148	ПАБ	0,2	0,09	1,8	0,3	8,7	80,5	55	52	32,3	34,8	22,3	14,1	106	1,2	7,7	-4		
3.	О.п. Ушково – Попово	97	ПАБ	0,02	0	2,2	0,4	4	29,9	10	29	4,5	15,6	9,9	15,7	80	0	17	1,9		
4.	Васна – Мурманск	31	ПАБ	1	0	0	1,02	85	0	23,8	5	3	31,7	3,8	6	30,4	0	0	2221		
5.	Ручьи-Карельские – Алакурти	99	ЭЖС	0,01	0	0	0,04	2	0	63,5	76	41	108	70	16,3	581	0	0	263		
6.	Заполяная – Кола	160	ПАБ	1	0	0	1,13	26,6	0	9,8	27	11	12,4	18,2	8,3	1684	0	0	977		
7.	Оленегорск – Мончегорск	31	ПАБ	1,6	0	0	2,27	77,2	0	7,8	27	10	9,9	18,2	11	638	0	0	233		
8.	Никель-Мурманский – Заполярная	26	ПАБ	0,8	0	0	0,87	24	0	17,3	5	1,4	14,4	2,8	4,4	98	0	1	39		
9.	Неболчи – Окуловка	103	ПАБ	0,03	0	0,03	0,04	6	4	8,2	43	30	14	19	38,6	639	0	0	31		
10.	Боровичи – Угловка	30	ПАБ	1,07	0	0	1,58	44	0	6,2	4	7	8	3,9	1,8	67	0	0	-1		
11.	Васильевский Мох – Дорошника	18	ПАБ	0,1	0	0	0,05	4	0	2	10	0,1	2,3	4,6	1,1	779	0	0	572		
12.	Заневский Пост II – Нева	6	ПАБ	0,6	0	0	0,81	19	0	3,7	19	11,3	17,2	7,9	13	183	0	0	109		
13.	Маткаселька – Вяртлига	26	ПАБ	1,3	0	0	1,92	4,3	0	10,3	1	0,4	64	1	0,3	0	0	0	-66		
14.	Юшкозеро – Ледозеро	64	ЭЖС, ПАБ	0	0	0	0	0	0	22,2	3	1	26,7	3,1	3	9,2	0	0	-28,7		
15.	Пяозеро – Лоухи	102	ПАБ	0,8	0	0	1,02	1	0	19,5	19	13,5	22	8,1	30	102,5	0	0	20,4		
16.	Кабожа – Подборовье	94	ЭЖС	0,2	0	0	0,18	9	0	34,3	36	45,7	76	20,1	123	65,54	0	0	-190		
17.	Питкяранга – Лодейное Поле	160	ЭЖС, ПАБ	2,1	0	0	3,81	21,5	0	11	61	11,4	9,6	33,1	36,4	891,14	0	0	45		
18.	Янисъярви – Питкяранга	59	ЭЖС	1	0	0	1,33	100	0	8,4	0	1,8	23,3	0	1,5	0	0	1,77	-23,3		
19.	Лендеры – Брусничная	61	ЭЖС	0	0	1	0,03	0	6	8,3	0	0	17,4	0	0	0	0	1	-16,3		
20.	Тихвин – Будогощ	75	ПАБ	0	0	0,1	0,03	0	6	10,5	13	2,1	9,9	3,4	13	0	3	1	-28		
21.	Батецкая – Новгород-Лужский	56	ПАБ	0	0,31	0,07	2,41	0	17	12	18	23,6	21,6	11	47,4	522,24	0	7	-46		
22.	Каменогорск – Хийтола	53	ПАБ	1	0	1,67	1,51	78	28	53,3	45	19,1	177,3	40	23,4	70,38	26,4	13,2	-201		
23.	Ледозеро – Сушкозеро	132	АБ	0,4	0,3	0,1	0,53	6	20	11,4	4	2	12,5	1,3	2,2	50,03	0	0,78	8,4		
24.	Весегонск – Овинние II	42	ПАБ	0,21	0	0,35	0,14	4,6	1	7	1	2	7,3	0,5	1,3	0	0	0,88	-11		
25.	Земцы – Жарковский	47	ПАБ	0	0	0,34	0,01	0	2,5	38	32	12,6	38,3	14,6	19	122,8	0	2,12	18		
26.	Торжок – Соблаго	165	ЭЖС, ПАБ	0,17	0	0,47	0,15	5,4	18,4	29	17	14,7	24,1	7,7	16	206,35	0	12,68	62		
27.	Соблаго – Назимово	124	ПАБ	0,29	0	0,7	0,29	10	32,9	7,9	5	4,4	20	3,3	4	0	0	3	-30		
28.	Назимово – Великие Луки	32	ПАБ	0	0	0,9	0,55	0	48,9	17,1	12	5,5	21,5	4,5	46	3,64	0	10,4	-43		
29.	Великие Луки – Клястица	104	ПАБ	0,2	0	0,3	0,3	0,07	26,6	11,1	11	0	32,1	4,5	0	0	0	8	32		
30.	Новолинно – Рогавка	79	ПАБ	0	0	2	0,06	0	63,2	10,9	0	3,5	27	0	1	0	0	5	-26		
31.	Рогавка – Новгород-на-Волкове	48	ПАБ	0	0	0,34	0,11	0	45	8,1	9	0,8	21	2,5	2,5	0	0	1	-26,4		
32.	Тосно – Шапки	20	ПАБ	0	0	2,33	2,19	0	22,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

- 1.1. Светофоры не устанавливаются.
- 1.2. Рельсовые цепи не применяются.
- 1.3. Автоматическая локомотивная сигнализация не применяется.
- 1.4. Стрелки оборудуются простыми запирающими устройствами.
2. На перегонах и станциях устанавливаются ССО, что экономически выгоднее традиционных рельсовых цепей.
 - 2.1. На перегонах между станциями предусматривается сквозной контроль свободности и занятости путей.
 - 2.2. На перегонах изолирующие стыки отсутствуют. Безопасность движения обеспечивается на основе блокирования перегона поездом, его занявшим.
 - 2.3. Свободность или занятость участка пути контролируется с точностью до перегона.
 - 2.4. Контроль прибытия поезда на станцию и отправления с нее осуществляется ССО перегонов, смежных со станцией.
 - 2.5. Станционные приемоотправочные пути оборудуются ССО. Формируется общий участок контроля, состоящий из стрелок и отрезков пути между ними.
 - 2.6. При реализации ответственной команды «Сброс ССО» производится размыкание всего участка пути, что оправданно для простого путевого развития.
 - 2.7. Расположенное в непосредственной близости от пути управляющее устройство анализирует сигналы от датчиков счета осей и передает информацию о каждой проследовавшей оси и направлении ее движения в вычислительную систему опорной станции.
 - 2.8. Принятие решения о свободности или занятости участка пути осуществляется устройствами уровня управления опорной станции.
3. Вопрос безопасности движения поездов на переездах остается актуальным, несмотря на низкую интенсивность движения.
 - 3.1. Извещение о приближающемся поезде на переезд поступает от ССО, расположенных в пределах сигнальной зоны переезда (рис. 2). Открытие переезда осуществляется аналогично.
 - 3.2. В целях экономии кабеля ССО и АПС соединяются одной общей линией связи.
 - 3.3. Извещение о приближающемся поезде на переезд может поступать по радиоканалу. С локомотива посылается радиосигнал, переездная радиоустановка его воспринимает и вырабатывает команду закрытия переезда.
4. Станции ограждаются нормативными сигнальными знаками «Граница станции».
5. Дежурные по станциям, дежурные стрелочных постов и помощники машинистов не требуются.
6. Кондуктор поезда располагается в кабине локомотива совместно с машинистом.

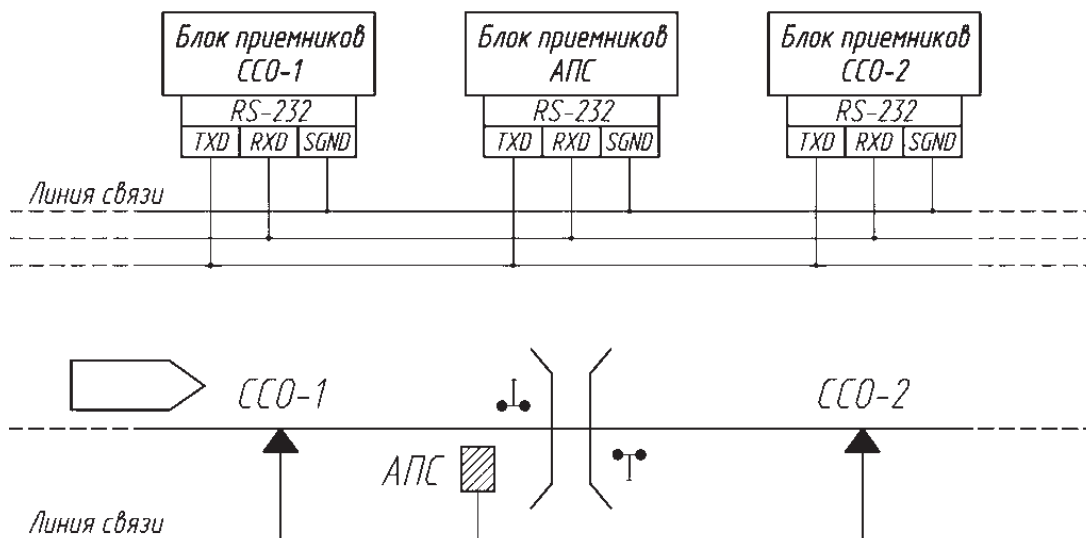


Рис. 2. Сопряжение ССО с АПС

7. Кабина локомотива оборудуется бортовым компьютером с монитором и радиостанцией.

8. Обеспечивается надежная радиосвязь между кондукторами и машинистами поездов, находящимися на линии, а также с ДНЦ.

9. Для МДЛ составляются нормативные графики и расписания движения поездов.

10. ДНЦ по радиоканалу передает на бортовой локомотивный компьютер нормативный график движения поездов, информацию о местах проведения путевых работ, особых условиях проследования каждой станции и т. д., с подтверждением получения информации машинистом (кондуктором).

11. У ДНЦ должна быть предусмотрена возможность реализации следующих ответственных команд:

11.1. Разрешение движения поезда при ложной занятости участка пути.

11.2. Сброс ССО при сбоях функционирования. ДНЦ в ходе переговоров с кондуктором убеждается в свободности участка пути, получив сообщение о проследовании хвоста поезда квитированием от кондуктора.

11.3. Принудительная остановка локомотива (с помощью системы комплексного устройства принудительной остановки локомотива КУПОЛ).

11.4. Отмена принудительной остановки локомотива.

11.5. Принудительное закрытие переезда.

11.6. Принудительное открытие переезда.

12. Кондуктор поезда выполняет следующие технологические операции:

12.1. Переводит и запирает стрелки, проверяет их свободность в пределах габарита и свободность пути приема.

12.2. Сообщает ДНЦ моменты времени прибытия, отправления и проследования поезда по всем станциям линии.

12.3. Получает бланки предупреждений в пунктах их выдачи, а в пути следования получает по радиосвязи данные о дополнительных предупреждениях от ДНЦ с квитированием.

12.4. Выполняет совместно с машинистом прицепку к составу и отцепку локомотива, а также прицепку, отцепку и закрепление вагонов (совмещение профессии составителя поездов).

12.5. При следовании поезда проверяет состояние вагонов, правильность положения груза на открытом подвижном составе, наличие предусмотренных сигналов и др. Обо всех замеченных недостатках немедленно сообщает по радиосвязи ДНЦ, а в случаях, угрожающих безопасности движения поездов или жизни людей, принимает меры для остановки поезда.

12.6. Следит за безопасностью на платформе во время посадки/высадки пассажиров и собирает плату за проезд.

12.7. Руководствуясь графиком движения или регистрируемым приказом ДНЦ об условиях пропуска поезда по каждой станции, кондуктор, приближаясь к очередной стрелке маршрута, определяет ее положение и свободность, а также свободность пути приема, соответствующего указанному в приказе диспетчера.

12.8. При необходимости перевода стрелки кондуктор дает машинисту распоряжение остановить поезд перед этой стрелкой. Кондуктор выходит из кабины локомотива, переводит и запирает стрелку, возвращается в кабину локомотива. Аналогичным способом он переводит и запирает остальные стрелки маршрута.

12.9. Получив распоряжение ДНЦ, кондуктор, проверив выполнение условий безопасности движения поездов, разрешает машинисту занять путь с остановкой или проследовать на перегон без остановки.

13. Пункт управления, в основе которого лежит отказоустойчивая микропроцессорная система централизации, располагается на одной из опорных станций линии.

14. Информация, полученная от устройств ССО, АПС и бортового локомотивного компьютера, по волоконно-оптическим линиям связи поступает в вычислительную систему опорной станции и обрабатывается. Линия связи дублируется.

15. В пункте управления расположено автоматизированное рабочее место ДНЦ, на мониторе которого отображаются следующие сведения:

15.1. Состояние блок-участков перегонов и направление движения поездов.

15.2. Состояние станционных путей.

15.3. Контроль скрещения (обгона) поездов.

15.4. Контроль прибытия поезда на станцию в полном составе.

15.5. Местоположение поезда с точностью до перегона/станционного пути.

15.6. Фиксированное время прибытия и отправления поезда со станции.

15.7. Контроль времени нахождения поезда на станции.

15.8. Контроль зон производства работ.

15.9. Контроль нарушения продолжительности работ.

15.10. Состояние АПС.

15.11. Автоматическое построение графика движения поездов.

16. Функции ДНЦ:

16.1. Контроль приема, отправления, скрещения и обгона поездов.

16.2. Выдача разрешений на движение локомотива.

16.3. Выполнение ответственных команд.

16.4. Управление переездной автоматикой.

16.5. Указание точки остановки локомотива.

16.6. Связь с машинистами и кондукторами.

16.7. Корректировка графика движения и передача его на локомотив по радиоканалу.

Структурная схема нового подхода к организации движения поездов на МДЛ показана на рис. 3.

Недостатки предложенного решения:

1. Поезда должны останавливаться на каждой станции для перевода стрелок по маршруту.

2. Возникают дополнительные расходы на задержки и разгон-торможение состава в пути.

3. Нарушение радиосвязи может привести к риску нарушения условий безопасности движения.

4. Требуется установка аппаратуры радиосвязи на каждой станции.

5. Увеличивается риск повышения уровня вандализма и воровства на станциях по причине отсутствия станционного персонала.

При оценке экономической, организационной и технической эффективности предлагаемого порядка организации движения поездов необходимо учитывать: затраты на использование системы надежной радиосвязи, ремонт и техническое обслуживание пути и сооружений, экономию средств, обусловленную ограниченным перечнем используемых устройств СЦБ, некоторых средств технологической связи, а также содержания дежурных по станциям, дежурных стрелочных постов и помощников машинистов.

Доходную часть проекта составят:

1. Годовые доходы от планируемых объемов перевозок.

2. Сокращение расходов на содержание устройств СЦБ.

3. Сокращение станционного штата службы «Д».

Расходную часть составят следующие годовые затраты:

1. Содержание, ремонт и очистка стрелочных переводов, путей и искусственных сооружений.

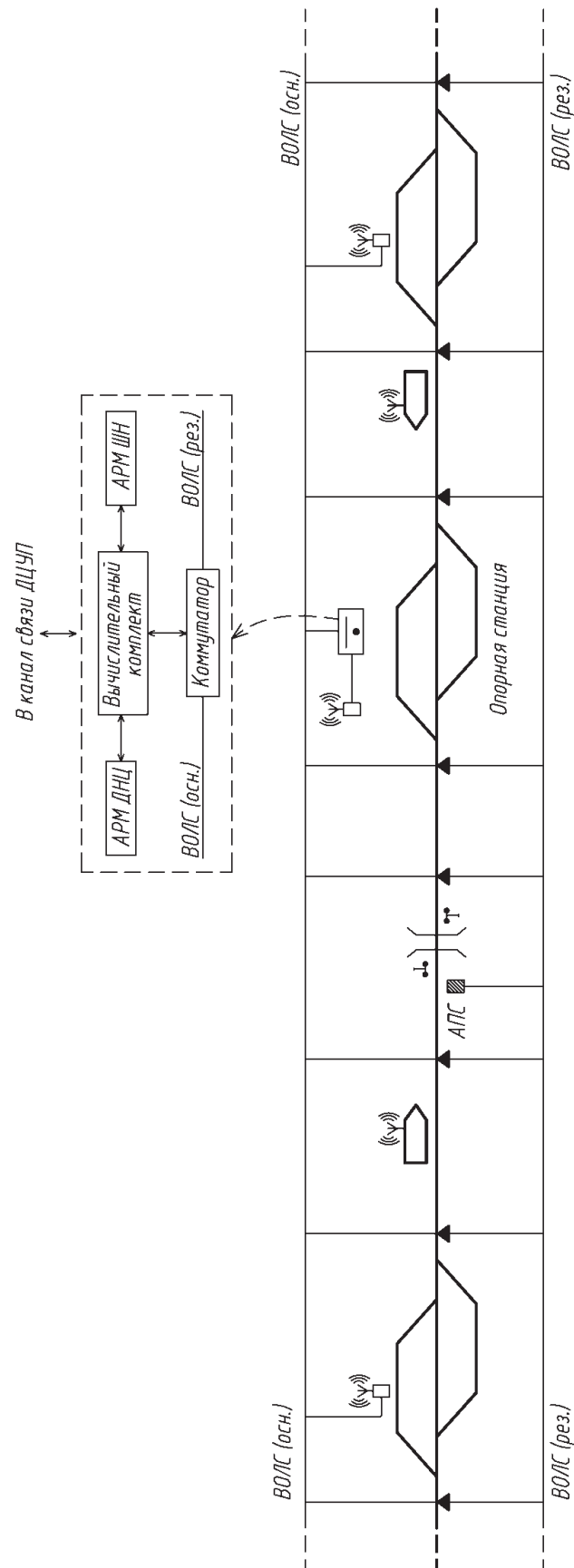


Рис. 3. Структурная схема нового подхода к организации движения поездов на МДЦ

2. Техническое обслуживание ССО и АПС.
3. Техническое обслуживание вычислительной системы опорной станции.
4. Тяговое обслуживание перевозок.
5. Оплата труда кондукторов, машинистов и ДНЦ.
6. Обеспечение надежной поездной и мобильной радиосвязи.

4 Расчет временных задержек

Реализация предложенного решения повлияет на порядок движения поездов, а также на экономическую составляющую организации перевозочного процесса.

До внедрения. Организация движения поездов при полуавтоматической блокировке (ПАБ), подразумевает определенный порядок приема и отправления поездов (табл. 2) [17].

Таблица 2. Порядок приема и отправления поездов при ПАБ

№ п/п	Действие	Норма времени на выполнение, мин
1	Переговоры между ДСП соседних станций о движении поездов (t_1)	0,2
2	ДСП по телефону дает распоряжение дежурным стрелочных постов о приготовлении маршрута (t_2)	0,5
3	Дежурные стрелочных постов после получения задания переводят и замыкают стрелки по маршруту (t_3)	0,4 (на одну ручную стрелку)
4	Дежурные стрелочных постов по телефону докладывают ДСП о готовности маршрута (t_4)	0,5
5	ДСП открывает входной светофор (t_5)	0,05
6	Дежурные стрелочных постов докладывают о прибытии поезда в полном составе (t_6)	0,5
7	ДСП убеждается в прибытии поезда в полном составе (t_7)	0,3
8	ДСП контролирует отправление поезда или его проследование по станции (t_8)	0,5

Рассчитаем полное время приема и отправления поезда на примере (рис. 4).

Исходные данные:

- поезд принимают на главный путь с остановкой и отправлением;
- стрелки № 1–4 нужно перевести в положение «+»;
- расстояние ($S_{\text{путь}}$) между стрелкой № 1 (2) и № 3 (4) составляет 30 м;

– средняя скорость ходьбы человека ($v_{\text{чел}}$) составляет 5 км/ч (83 м/мин);
 – для упрощения расчетов принимаем, что дежурные стрелочных постов идут к стрелкам и переводят их одновременно.

Решение. Предварительно необходимо рассчитать время ($t_{\text{путь}}$), затраченное дежурными стрелочных постов на путь от стрелки № 1(2) до стрелки № 3(4) и обратно:

$$t_{\text{путь}} = \frac{S_{\text{путь}}}{v_{\text{чел}}} \cdot 2 = \frac{30}{83} \cdot 2 = 0,72 \text{ мин},$$

т. е. за 0,72 мин дежурный стрелочного поста № 1 дойдет до стрелки № 3 и вернется к стрелке № 1, в течение этого же времени дежурный стрелочного поста № 2 дойдет до стрелки № 4 и вернется к стрелке № 2.

Время на перевод и замыкание стрелок (t_3) дежурными стрелочных постов № 1 и № 2 умножается на количество переводимых стрелок.

Примечание. Когда дежурный стрелочного поста № 1 будет переводить стрелку № 1 (3), в тот же момент дежурный стрелочного поста № 2 будет переводить стрелку № 2 (4), поэтому количество переводимых стрелок будет равно двум. Полное время приема и отправления поезда при ПАБ ($T_{\text{ПАБ}}$) составит

$$T_{\text{ПАБ}} = t_1 + t_2 + t_3 \cdot 2 + t_{\text{путь}} + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8,$$

$$T_{\text{ПАБ}} = 0,2 + 0,5 + 0,4 \cdot 2 + 0,72 + 0,5 + 0,05 + 0,5 + 0,3 + 0,5 = 4,07 \text{ мин}.$$

После внедрения. Основное отличие нового подхода к организации движения состоит в отсутствии на станции ДСП и дежурных стрелочных постов. Движение поездов осуществляется по приказам ДНЦ, поступающим на бортовое локомотивное оборудование по радиоканалу непосредственно машинисту и кондуктору поезда. Всю работу по формированию маршрута приема и отправления выполняет кондуктор поезда.

Организация движения подразумевает определенную последовательность действий и соответствующие им значения временных затрат (см. рис. 4, табл. 3).

Маршрут приема:

1. Поезд останавливается перед входной стрелкой № 1 за 10 м.
2. Кондуктор идет к стрелке № 1 ($t_{\text{путь1}}$), переводит и запирает ее (t_3).
3. Кондуктор идет к стрелке № 3 ($t_{\text{путь3}}$), переводит и запирает ее (t_3).
4. Кондуктор возвращается к поезду ($t_{\text{путь1}} + t_{\text{путь3}}$).
5. Поезд по подготовленному маршруту въезжает на станцию.

Маршрут отправления:

1. Поезд останавливается перед стрелкой № 4 за 10 м.

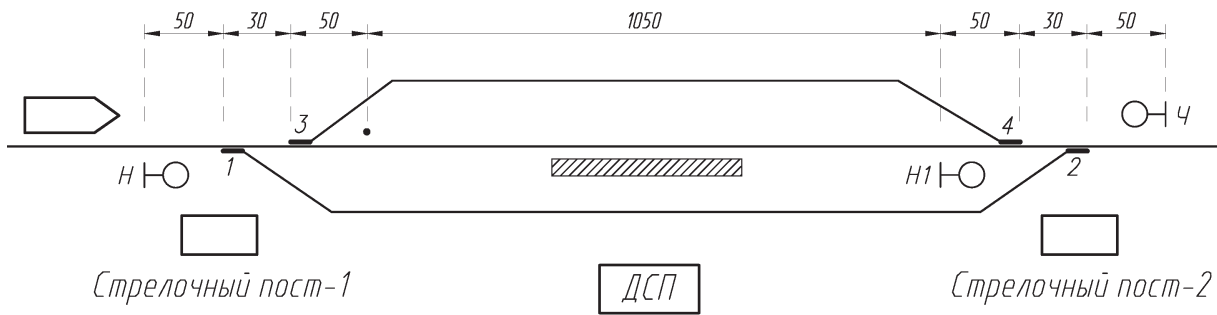


Рис. 4. Станция для расчета

2. Кондуктор идет к стрелке № 4 ($t_{\text{путь4}}$), переводит и запирает ее (t_3).
3. Кондуктор идет к стрелке № 2 ($t_{\text{путь2}}$), переводит и запирает ее (t_3).
4. Кондуктор возвращается к поезду ($t_{\text{путь2}} + t_{\text{путь4}}$).
5. Поезд по подготовленному маршруту отправления выезжает со станции.

Полное время приема и отправления поезда при новом подходе ($T_{\text{нов}}$) составит

$$T_{\text{нов}} = \sum t_{\text{путь}} + \sum t_3 = 1,92 + 1,6 = 3,52 \text{ мин.}$$

Таблица 3. Результаты расчета временных затрат

Действие кондуктора	Пройденный путь, $S_{\text{путь}}$, м	Время на путь $t_{\text{путь}}$ (см. формулу на с. 74), мин	Время на перевод стрелок t_3 (см. табл. 2), мин
Маршрут приема			
Путь: поезд → стр. № 1	10	$t_{\text{путь1}} = 0,12$	–
Перевод стр. № 1	–	–	$t_3 = 0,4$
Путь: стр. № 1 → стр. № 3	30	$t_{\text{путь3}} = 0,36$	–
Перевод стр. № 3	–	–	$t_3 = 0,4$
Путь: стр. № 3 → поезд	40	$t_{\text{путь1}} + t_{\text{путь3}} = 0,48$	–
Маршрут отправления			
Путь: поезд → стр. № 4	10	$t_{\text{путь4}} = 0,12$	–
Перевод стр. № 4	–	–	$t_3 = 0,4$
Стр. № 4 → стр. № 2	30	$t_{\text{путь2}} = 0,36$	–
Перевод стр. № 2	–	–	$t_3 = 0,4$
Путь: стр. № 2 → поезд	40	$t_{\text{путь2}} + t_{\text{путь4}} = 0,48$	–
Всего:		$\sum t_{\text{путь}} = 1,92$	$\sum t_3 = 1,6$

Особенностями нового подхода к организации движения поездов по сравнению с ПАБ являются:

1. Простой поезда, необходимый для формирования маршрутов приема и отправления, – 3,52 мин.

2. Два вынужденных торможения и два разгона.

Расчет расходов, связанных с простоями поездов в пути следования, предполагает учет следующих стоимостных показателей:

- вагоно-час;
- локомотиво-час;
- локомотиво-км;
- бригадо-час локомотивных бригад;
- килограмм дизельного топлива;
- киловатт электроэнергии.

Следует отметить, что, ввиду низкой интенсивности движения поездов на полигоне МДЛ, такими параметрами, как вагоно-час, локомотиво-час и локомотиво-километр, можно пренебречь, если дополнительно резервировать время при составлении графика движения поездов. Кроме того, маловероятно, что задержка одного поезда повлияет на задержку поезда идущего вслед, так как интервал попутного следования на таких линиях может составлять несколько часов.

Однако такие параметры, как бригадо-часы локомотивных бригад и расход электроэнергии или топлива, учитывать необходимо, поскольку задержка поезда ведет к увеличению рабочей смены машиниста и кондуктора, а дополнительные разгоны и торможения – к перерасходу энергетических ресурсов.

Заключение

Изложен новый подход к организации движения поездов на МДЛ, основными положениями которого являются сокращение затрат на содержание устройств СЦБ, сокращение станционного штата, информирование диспетчерского аппарата о поездной обстановке на участках. Это становится возможным благодаря применению систем счета осей на станциях и перегонах, бортового компьютера машиниста, надежной радиосвязи машиниста с ДНЦ, наличию надежных информационных каналов связи с вышестоящими уровнями управления (опорная станция, диспетчерский центр управления перевозками), совмещения профессий кондуктора поезда и помощника машиниста.

В дальнейшем необходимо разработать нормативный порядок действий ДНЦ, кондукторов и машинистов в условиях соблюдения расписания, задержках поездов и при выполнении ремонтных и восстановительных работ, а также произвести расчет ущерба от задержек, разгонов и торможений поездов в пути следования.

Аналогично инструкции по движению поездов необходимо составить образцы текстов распоряжений поездного диспетчера и кондуктора, разрешающих машинисту движение, а также порядок организации движения поездов при перерыве в работе всех средств радиосвязи и других нарушениях нормальных условий.

Библиографический список

1. Никитин А. Б. Упрощенные принципы управления движения поездов на малодеятельных линиях железных дорог мира / А. Б. Никитин, И. В. Кушпиль // Сборник материалов I Международной научно-практической конференции «Транспортные интеллектуальные системы – 2017» // Упрощенные принципы управления движения поездов на малодеятельных линиях железных дорог мира. – СПб. : ФГБОУ ПО ПГУПС, 2017. – С. 181–188.
2. Никитин А. Б. Оптимизация затрат в системах интервального регулирования на малодеятельных линиях / А. Б. Никитин, Вал. В. Сапожников, М. Н. Василенко, А. Д. Манаков, И. В. Кушпиль, С. Т. Болтаев // Сборник трудов конференции «Перспективы будущего в образовательном процессе – 2016». – СПб. : ФГБОУ ПО ПГУПС, 2018. – С. 45–48.
3. Об утверждении методики классификации и специализации железнодорожных линий ОАО «РЖД» : распоряжение № 3048р. – М., 2015.
4. Бушуев С. В. Автоматизация диспетчерского управления на малодеятельных участках железных дорог : дис. ... канд. техн. наук / С. В. Бушуев. – СПб., 2011. – 123 с.
5. Сапожников Вал. В. Концентрация и централизация оперативного управления движением поездов / Вал. В. Сапожников, Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин. – М. : Транспорт, 2002. – 102 с.
6. What is Timetable and Train Order Operation? Virginian Railway. – URL : <http://virginian.mdodd.com/ttto-tutorial.html>.
7. Norris D. Cost effective signaling for secondary lines / D. Norris, S. Axelsson // Signal + Draht. – 1999. – N 04. – Pp. 599–603.
8. Jian W. A Train Control System for Low Density Line in China / W. Jian, J. Cheng Mingm, C. Baigen, L. Jiang // Journal of the China railway society. – 2015. – December. – Pp. 46–53.
9. Власенко С. В. Эффективность железнодорожного транспорта и пути ее повышения модернизацией систем автоматики и телемеханики : монография / С. В. Власенко. – М. : Пиар-Пресс, 2010. – 100 с.
10. Рабе М. Техническое оснащение малодеятельных линий / М. Рабе // Железные дороги мира. – 1993. – № 7. – С. 72–75.
11. Ран В. Х. Спутниковая навигация и управление движением поездов на малодеятельных линиях / В. Х. Ран // Железные дороги мира. – 1999. – № 2. – С. 13–17.
12. Jussila J. Aufrüstung der verkehrsarmen Strecken in Finnland / J. Jussila, J. Tuomi, M. Katajala // Signal+Draht. – 2004. – N 01+02. – Pp. 25–28.

13. Hiraguri S. Train Control System for Secondary Lines Using Radio Communications in Specific Area / S. Hiraguri, M. Fukuda, H. Fujita, Y. Ono // Quarterly Report of RTRI. – 2012. – Feb. – Pp. 1–6.
14. Персианов В. А. Материалы Пятого Байкальского экономического форума / В. А. Персианов, Е. С. Прошкина // Возможные стратегии решения проблемы малодеятельных железнодорожных линий с учетом мирового опыта. – Иркутск, 2008.
15. Кушпиль И. В. Оптимизация управления движением поездов на малодеятельных линиях оборонного значения / И. В. Кушпиль // Сборник статей Межвузовской научно-теоретической конференции «Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов – 2017». – Петергоф, 2017. – С. 87–93.
16. Паспорта малодеятельных железнодорожных линий Октябрьской железной дороги ОАО «РЖД». – СПб., 2017.
17. Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. – М., 1998.

Alexander B. Nikitin,

Igor V. Kushpil,

«Automation and remote control on railways» department
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Joseph M. Kokurin

Solomenko Institute for transport problems Russian academy of sciences
(ITP RAS)

Victor A. Sharov

Transport operation and safety management on transport
Russian University of Transport (MIIT)

New method of trains movement for low-density railway lines of JSC Russian Railways

The article describes the main problems arising from the operation of low-density railway lines. There are unprofitableness and un informativeness of dispatching personnel in relation to the train situation on such lines. A brief overview of known ways of solving these problems is given. The importance of preserving low-density lines in the railway infrastructure was emphasized. Moreover, the latest information on the technical and financial characteristics of all 32 low-density lines of the October Railway is provided. On the basis of this, the authors of the

article proposed a new approach to the organization of train movement, capable of ensuring the preservation of low-density lines in the structure of JSC Russian Railways by reducing the costs of maintaining signaling devices and reducing the station staff. In conclusion, the calculation of temporary expenses for the formation of routes for the reception and departure of trains before and after the introduction of the new technological solution was carried out.

low-density line; low-traffic line; secondary line; low capacity line; train movement; train control system; railway signaling system; Train-Order system; reduction of operating costs; temporary train delays

References

1. Nikitin A. B., Kushpil I. V. (2017). Collection of materials of the First International Scientific and Practical Conference «Transport Intelligent Systems – 2017» // Simplified principles of train traffic management on the low-density lines of the world railways [Uproshchennyye printsipy upravleniya dvizheniya poyezdov na malodeyatel'nykh liniyakh zheleznykh dorog mira]. St. Petersburg. – Pp. 181–188.
2. Nikitin A. B., Sapozhnikov Val. V., Vasilenko M. N., Manakov A. D., Kushpil I. V., Boltaev S. T. (2016). Proceedings of the conference «Prospects for the future in the educational process – 2016» // Optimization of costs in systems of interval regulation on low-density lines [Optimizatsiya zatrat v sistemakh interval'nogo regulirovaniya na malodeyatel'nykh liniyakh]. St. Petersburg. – Pp. 45–48.
3. On approval of the methodology for the classification and specialization of railway lines of JSC Russian Railways (2015). [Rasporyazheniye № 3048r Ob utverzhdenii metodiki klassifikatsii i spetsializatsii zheleznodorozhnykh liniy OAO RZHD]. Moscow.
4. Bushuyev S. V. (2001). Automation of dispatching control on low-density lines of railways [Avtomatizatsiya dispetcherskogo upravleniya na malodeyatel'nykh uchastkakh zheleznykh dorog]. St. Petersburg. – 123 p.
5. Sapozhnikov Val. V., Gavzov D. V., Nikitin A. B. (2002). Concentration and centralization of operational management of train traffic [Kontsentratsiya i tsentralizatsiya operativnogo upravleniya dvizheniyem poyezdov]. Moscow, Transport. – 102 p.
6. What is Timetable and Train Order Operation? Virginian Railway. URL: <http://virginian.mdodd.com/ttto-tutorial.html>.
7. Norris D., Axelsson S. (1999). Cost effective signaling for secondary lines. Signal + Draht, No 04. – Pp. 599–603.
8. Jian W., Cheng Mingm J., Baigen C., Jiang L. (2015). A Train Control System for Low Density Line in China. Journal of the China railway society, December. – Pp. 46–53.
9. Vlasenko S. V. (2010). Efficiency of railway transport and ways of its improvement by modernization of automation and telemechanics systems [Effektivnost' zheleznodorozhnogo transporta i puti yeye povysheniya modernizatsiyey sistem avtomatiki i telemekhaniki]. Monograph. Moscow, PR-Press. – Pp. 73–80.

10. Rabe M. (1993). Technical equipment of inactive lines. Railways of the world. – N 7. – Pp. 72–75.
11. Rahn W. H. (1999). Satellite navigation and control of the movement of trains on inactive lines. Railways of the World, No. 2. – Pp. 13–17.
12. Jussila J., Tuomi J., Katajala. M. (2004). Aufrüstung der verkehrswarmen Strecken in Finnland. Signal+ Draht, No 01+02. – Pp. 25–28.
13. Hiraguri S., Fukuda M., Fujita H., Ono Y. (2012). Train Control System for Secondary Lines Using Radio Communications in Specific Area. Quarterly Report of RTRI, Feb. – Pp. 1–6.
14. Persianov V. A., Proshkina E. S. (2008). Materials of the 5th Baikal Economic Forum. Possible strategies for solving the problem of inactive railway lines taking into account the world experience [Vozmozhnyye strategii resheniya problemy malodeyatel'nykh zheleznodorozhnykh liniy s uchetom mirovogo opyta]. Irkutsk.
15. Kushpil I. V. (2017). Optimization of train traffic control on low-density lines of defense significance. Collection of articles of the Interuniversity Scientific and Theoretical Conference «Innovative Railway. The newest and most promising systems for providing train traffic – 2017» [Sbornik statej Mezhvuzovskoj nauchno-teoreticheskoy konferencii Innovacionnaya zheleznaya doroga Novejshie i perspektivnye sistemy obespecheniya dvizheniya poezdov – 2017]. Peterhof. – Pp. 87–93.
16. Passports of low-density railway lines of the October Railway of JSC Russian Railways (2017) [Pasporta malodeyatel'nykh zheleznodorozhnykh liniy Oktyabr'skoy zheleznoy dorogi OAO «RZHD»]. St. Petersburg.
17. Methodical instructions for calculating the time norms for shunting operations performed on railway transport (1998) [Metodicheskiye ukazaniya po raschetu norm vremeni na manevrovyye raboty, vpolnyayemye na zheleznodorozhnom transporte]. Moscow, Transport.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Е. Н. Розенбергом
Поступила в редакцию 22.02.2018, принята к публикации 04.06.2018*

*НИКИТИН Александр Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: nikitin@crtc.spb.ru*

*КУШПИЛЬ Игорь Васильевич – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, младший научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко» РАН.
e-mail: i_kushpil@mail.ru*

КОКУРИН Иосиф Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем транспортных систем ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко» Российской академии наук.

e-mail: kokyrim@mail.ru

ШАРОВ Виктор Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Российского университета транспорта.

e-mail: vasharov_miit@mail.ru

© Никитин А. Б., Кушпиль И. В., 2018

© Кокурин И. М., Шаров В. А., 2018