

Цифровая среда бесшовной передачи данных без рельсовых цепей

В.А. Лахтионов¹, Е.С. Роднева², Е.М. Иванова²

¹ Архангельская дистанция сигнализации, централизации и блокировки, Северная железная дорога — филиал ОАО «Российские железные дороги» (Архангельская дистанция СЦБ, Северная железная дорога — филиал ОАО «РЖД»); г. Архангельск, Россия;

² Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Предмет исследования — цифровой формат передачи данных для совершенствования работы технических средств автоматики и телемеханики. Актуальность данной темы в свете требований комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» связана с необходимостью снижения расходов ОАО «РЖД» на операционную деятельность. Рассматривается эффективность предложения отказа от использования рельсовых цепей и всего сопутствующего оборудования для сокращения межпоездного интервала и увеличения пропускной способности, а также для снижения риска травм работающих на путях сотрудников ОАО «РЖД».

Использовали аналитический, маркетинговый, проектный методы; материалы общего доступа, собственные исследования.

Предложили создать цифровую среду по бесшовной передаче сигналов локомотивной сигнализации без рельсовых цепей и напольного оборудования по стандарту WiMax для онлайн-мониторинга и диагностики инфраструктуры, «умного» подвижного состава, снижения расходов на эксплуатацию устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), сокращения межпоездного интервала и повышения как безопасности труда, так и движения поездов, что обеспечит тотальный контроль за дислокацией поездов и бригад, работающих на перегоне, инфраструктуру для безлюдной технологии работы и автоведения поездов, с экономическим эффектом не менее 212 млн рублей в год.

Выявили, что предложение эффективно для интервального регулирования движения, повышения надежности и эффективности устройств ЖАТ, ограждения места работ, бесшовной и цифровой передачи данных, автоведения поездов. Расчетами установлено, что реализация предложения позволит обеспечивать высокую безопасность движения поездов и труда персонала на путях, снижение расходов на содержание оборудования рельсовых цепей, в целом — реализовать формат безлюдной технологии работы железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: рельсовые цепи; сигнализация; связь; WiMax; цифровой формат; цифровая среда; передача данных

Digital environment for seamless data transmission of trackless circuits

Vitaly A. Lakhtionov¹, Ekaterina S. Rudneva², Elizaveta M. Ivanova²

¹ Arkhangelsk distance, Northern railway — branch of JSC "Russian Railways"; Arkhangelsk, Russian Federation;

² Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS); St. Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

The subject of the research is a digital data transmission format for improving the operation of automation and telemechanics equipment. The relevance of this topic in the light of the requirements of the complex scientific and technical project "Digital railway" is associated with the need to reduce the costs of JSC "Russian Railways" in operating activities. The article considers the effectiveness of the proposal to abandon the use of rail chains and all related equipment to reduce the inter-train interval and increase capacity, as well as to reduce the risk of injuries to employees of JSC "Russian Railways" working on the tracks.

Used analytical, marketing, and project methods; public access materials, own research.

It is proposed to create a digital environment for seamless transmission of locomotive signaling signals without rail chains and floor equipment according to the WiMax standard for online monitoring and diagnostics of infrastructure, "smart" rolling stock, reducing the cost of operating devices, reducing the inter-train interval and improving both labor safety and train movement, which will provide total control over the work of the dislocation of trains and teams working on the stretch, infrastructure for deserted technology of operation and driving trains, with an economic effect of at least 212 million rubles per year.

The proposal is effective for interval traffic control, improving the reliability and efficiency of devices, fencing work sites, seamless and digital data transmission, and train driving. Calculations have established that the implementation of the proposal will ensure high safety of train traffic and personnel work on the tracks, reduce the cost of maintaining the equipment of rail chains, as well as in General — to implement the format of unpopulated technology of railway transport.

Keywords: rail chains; signaling; communication; WiMax; digital format; digital environment; data transfer

ВВЕДЕНИЕ

Одна из составляющих цифровой железной дороги — развитие инфраструктурного комплекса на

основе IT-технологий¹. На современном этапе развития транспортной науки и техники важнейшим направлением научно-технического прогресса на же-

¹ Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года. URL: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=3771&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704

лезнодорожном транспорте является разработка и внедрение устройств автоматики и телемеханики, позволяющих полнее и производительнее использовать все технические средства транспорта и на этой основе обеспечивающих повышение производительности труда, снижение себестоимости перевозок, повышение пропускной и провозной способности железнодорожных линий, а также повышение уровня безопасности движения поездов^{2, 3}.

Предлагаемое сегодня решение организации интервального движения поездов с полным отказом от напольного оборудования железнодорожной автоматики, может быть применимо для части железнодорожных линий с любой интенсивностью движения пассажирских и грузовых поездов. Такая инновация приобретает особую актуальность в условиях реализации проекта «Северный широтный ход». Следует отметить, что географически большая часть транспортного коридора проходит по территории Северной железной дороги (СЖД). Соответственно, прогнозные объемы грузо- и поездопотоков также будут повышать нагрузку на существующие пропускные и провозные мощности СЖД [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим инновационное решение, которое базируется на применении автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты, что позволит исключить из эксплуатации большое количество аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), отказаться от кабельных линий, а также существенно снизить затраты на содержание и обслуживание оборудования устройств блокировки с оптимизацией трудовых ресурсов.

Предмет исследования — цифровой формат передачи данных для совершенствования работы технических средств автоматики и телемеханики. Актуальность данной темы в свете требований комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» связана с необходимостью снижения расходов ОАО «РЖД» в операционной деятельности⁴. В статье изучается эффективность предложения отказа от использования рельсовых цепей и всего сопутствующего оборудования для сокращения межпоездного интервала и увеличения пропускной способности, а также для снижения риска травм, работающих на путях сотрудников ОАО «РЖД» [2].

Принимая во внимание, что помимо этого, в организации работы рельсовых цепей и передачи сигналов автоматической локомотивной сигнализации задействовано большое количество аппаратуры и элементов железнодорожной автоматики, а также сотни километров кабельных линий, при старении перечисленных элементов, ежегодно, в арифметической прогрессии снижается надежность работы, что приводит к возникновению отказов технических средств и задержек в продвижении поездопотока [3, 4].

С возрастанием скоростей и интенсивности движения поездов повышаются требования к надежности работы средств железнодорожной автоматики и телемеханики (рис. 1).

Если нужна связь между локомотивом и оборудованием телеметрии дистанции сигнализации, централизации и блокировки (ШЧ), то можно посмотреть на современную и недорогую систему WiMax и создать бесшовную сеть передачи данных. С помощью этой системы возможно реализовать разделение технологической сети и в перспективе создать беспроводные точки доступа в каждом вагоне для пользователей интернета. Также есть возможность сделать кольцевое резервирование и использовать пространственный резерв при работе через соседние точки доступа.

В будущем применение системы позволит использовать ее для автоведения поезда по «безлюдной технологии», а также в online-режиме передавать диагностические данные работы цепей управления, силовых цепей, узлов и агрегатов локомотивов в Центр управления перевозками (ДЦУП) [5].

Цель исследования — снижение расходов компании ОАО «РЖД» на содержание устройств систем автоблокировки и увеличение пропускной способности.

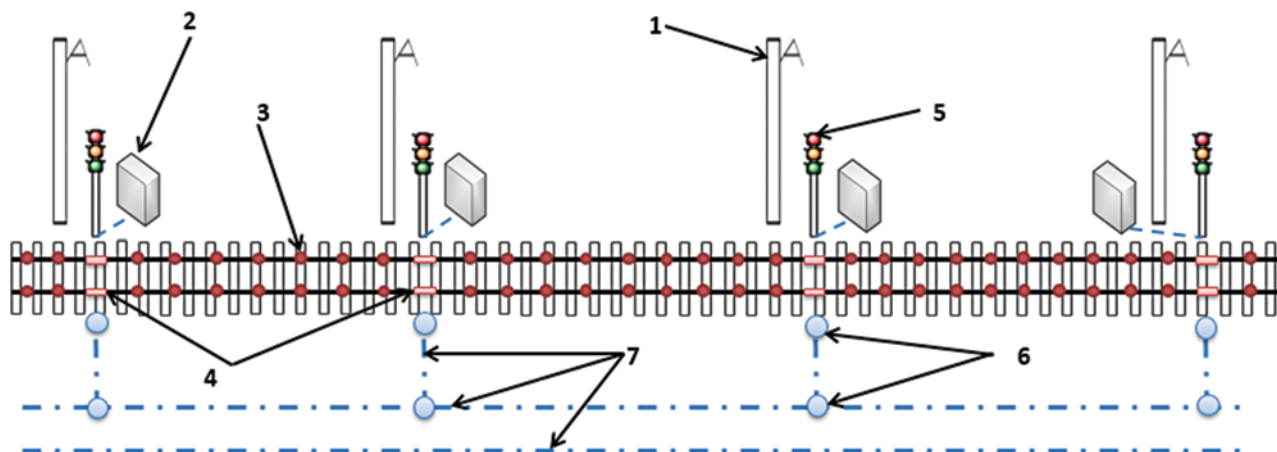
Задачи:

- снижение расходов за счет отказа от использования рельсовых цепей и всего сопутствующего оборудования;
- повышение надежности технических средств за счет работы предлагаемой системы в дуплексном режиме, при котором диагностические данные оперативно передаются в диспетчерские центры;
- для повышения производительности труда, обслуживание и ремонт оборудования необходимо будет передать в аутсорсинговые компании или на баланс регионального центра связи (РЦС);

² Северное ТЦФТО СП ЦФТО. URL: https://old-www.rzd.ru/ent/public/ru?STRUCTURE_ID=5185&layer_id=5554&refererLayerId=5553&id=2448

³ Информационный ресурс «Табло эксплуатационных показателей». URL: <http://tep-28.orw.oao.rzd:777/trains28/hot.asp>

⁴ Экономика России: прошлое, настоящее, будущее: коллективная монография / под общ. ред. Н.А. Адамова. М.: Институт исследования товародвижения и конъюнктуры оптового рынка, 2014. 248 с.



1. Опоры контактной сети
2. Шкафы с аппаратурой ЖАТ
3. Стыковые соединители

4. Изолирующие стыки
5. Напольные светофоры

6. Соединительные муфты
7. Кабельные линии

Рис. 1. Принципиальная схема существующей рельсовой цепи и средств ЖАТ

- сокращение межпоездного интервала для увеличения пропускной способности с возможностью применения подвижных блок-участков (увеличение пропускной способности на 20–30 %, относительно систем с фиксированным блок-участком).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе предлагается создать цифровую среду по беспроводной передаче сигналов локомотивной сигнализации (АЛСН) без рельсовых цепей и напольного оборудования по стандарту WiMax (рис. 2).

На основе анализа литературных источников^{5,6} [6–19] можно заключить, что с помощью стандарта передачи данных по линии WiMax будут созданы условия для онлайн-мониторинга и диагностики инфраструктуры, «умного» подвижного состава, снижения расходов на эксплуатацию устройств ЖАТ, сокращения межпоездного интервала и повышения как безопасности труда, так и движения поездов, что обеспечит тотальный контроль за дислокацией поездов и бригад, работающих на перегоне, инфраструктуру для безлюдной технологии работы и автоведения поездов, с экономическим эффектом не менее 212 млн рублей в год.

Предложение эффективно для интервального регулирования движения, повышения надежности и эффективности устройств ЖАТ, ограждения мест работ, беспроводной и цифровой передачи данных, автоведения поездов.

Расчетами (с применением методик [6–9]) установлено, что реализация предложения позволит обеспечивать высокую безопасность движения поездов и труда персонала на путях, снижение расходов на содержание оборудования рельсовых цепей, а также в целом — реализовать формат безлюдной технологии работы железнодорожного транспорта [10–12].

Выполнение проекта основано на переносе передачи сигналов локомотивной сигнализации с рельсовых цепей на систему обмена информацией с локомотивами стандарта WiMax.

По итогам внедрения проекта, для приема и передачи сигналов будут использоваться приемно-передающие устройства, которые необходимо располагать на опорах контактной сети, расположенных на границах блок-участков (на месте демонтированных сигнальных точек) и на подвижном составе.

С хвостового датчика информация о прохождении блок-участка поездом в полном составе будет передаваться на головное приемно-передающее устройство, согласованное с аппаратурой автоматической локомотивной сигнализации; затем с головного приемно-передающего устройства — данные о занятости пути и геопозиции подвижного состава.

Приемо-передающие устройства, установленные на опорах контактной сети, предназначены для обмена информацией с подвижным составом при интервальном регулировании движения на перегоне. В системе используются алгоритмы пе-

⁵ Покровская О.Д. Организация работы складской распределительной системы: учебное пособие. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2015. 72 с.

⁶ Покровская О.Д. Организация международной доставки груза через распределительный центр: учебное пособие. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2015. 102 с.

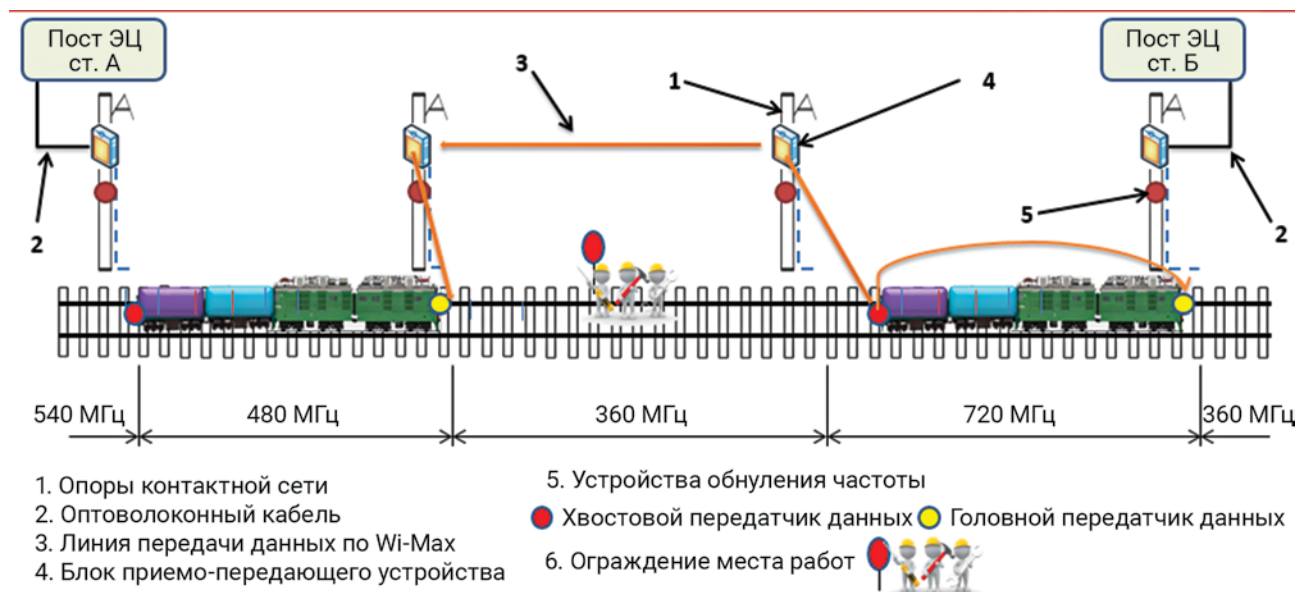


Рис. 2. Модель предлагаемой организации передачи сигналов АЛСН через WiMax

передачи и обработки данных, аналогичные действующим системам автоблокировки.

В связи с тем, что существует возможность передачи сведений с любых устройств, в зависимости от потребности, заказчиками на подвижном составе может быть установлена аппаратура контроля геометрии рельсовой цепи, универсальных диагностических систем с последующей передачей данных через приемно-передающие устройства в центры мониторинга.

Дополнительно к вышеуказанному, данную технологию можно будет использовать для ограждения места работ. Это не только обеспечит высокий уровень безопасности труда, но и высвободит трудовые ресурсы, которые в настоящее время привлекаются к ограждению места работ (сигналисты).

Для реализации потребуется модернизация локомотивов и специального подвижного состава. На переходном этапе на новые системы передачи сигналов, при установке на локомотивы новых систем, старые демонтироваться не будут.

Окончание модернизации будет осуществлено при полной реализации проекта.

Исходные данные следующие:

- пропускная способность участка грузовых поездов до внедрения проекта 25,5 пар и 31 пара после реализации, пассажирских 13 и 16 пар, соответственно;
- количество отказов технических средств на участке равняется 145, вследствие чего было задержано 648 поездов, а это 700 часов простоя и потери денежных средств размере 2 755 478 руб. При реализации проекта мы исключаем данные потери;
- программное обеспечение необходимо только для новой системы и затраты на его разработку составляют порядка 12 млн руб.;

- затраты на содержание инфраструктуры на сегодняшний день составляют 257 544 000 руб., против 50 400 000 руб. после внедрения системы;
- суммарные годовые затраты до реализации проекта с учетом непроизводительного простоя — 260 299 478 руб.;
- прибыль от сокращения общих потерь задержанных поездов — 2,76 млн руб.;
- прибыль от сокращения расходов на содержание действующей инфраструктуры с учетом затрат на содержание новой системы — 210 млн руб. ежегодно;
- разовые затраты на внедрение проекта равны 624,4 млн руб.;
- в итоге ожидается экономический эффект в размере 212,8 млн руб.

Рассмотрим подробно расчет экономического эффекта (рис. 3 и табл. 1).

Произведем расчет стоимости установки оборудования на протяженности всего участка по формуле

$$\begin{aligned} S_{\text{уч.общ}} &= \sum S_{\text{уч.н}} \\ S_{\text{уч.общ}} &= L \cdot S_{\text{мр}} \end{aligned}$$

где $S_{\text{уч.общ}}$ — общая стоимость установки n оборудования на участке пути, руб.; $S_{\text{уч.н}}$ — стоимость установки n оборудования на участке пути, руб.; L — протяженность пути, предназначенного для оборудования, км; $S_{\text{мр}}$ — стоимость монтажных работ на км пути, руб./км.

$S_{\text{уч.опт}} = 482 \text{ км} \cdot 400 \text{ 000 руб./км} = 192 \text{ 800 000 руб.}$ — затраты на установку приемно-передающих устройств;

$S_{\text{уч.овл}} = 96 \text{ км} \cdot 700 \text{ 000 руб./км} = 67 \text{ 200 000 руб.}$ — затраты на установку оптико-волоконной линии;

$S_{\text{уч.общ}} = 192 \text{ 800 000 руб.} + 67 \text{ 200 000 руб.} = 260 \text{ 000 000 руб.}$ — общая стоимость оборудования участка.

До реализации проекта		После реализации проекта	
Пропускная способность		Пропускная способность	
• грузовые поезда	25,5 пар	• грузовые поезда	31 пара
• пассажирские поезда	13 пар	• пассажирские поезда	16 пар
Отказы тех. средств		Отказы тех. средств	
• количество	60	• количество	—
• количество задержанных поездов	270	• количество задержанных поездов	—
• количество задержанных поездов в поездочасах	291,4	• количество задержанных поездов в поездочасах	—
Общие потери задержанных поездов в поездочасах	2 755 478 руб.	Общие потери задержанных поездов в поездочасах	—
Текущие затраты на содержание инфраструктуры	257 544 000 руб.	Текущие затраты на содержание инфраструктуры	50 400 000 руб.
Общие затраты:	260 299 478 руб.	Общие затраты:	50 400 000 руб.

Снижение затрат после внедрения проекта: 209 900 000 рублей

Рис. 3. Иллюстрация расчета экономической эффективности предложения на примере участка Обозерская – Няндомы

Табл. 1. Исходные и расчетные данные

Протяженность участка (двухпутный участок)	241 км
Развернутая длина пути	482 км
Количество локомотивов:	
1) односекционные	60 шт.
2) двухсекционные	218 шт.
3) трехсекционные	59 шт.
4) мотовозы	100 шт.
Стоимость работ по установке аппаратуры в секции локомотива	60 тыс. руб.
Стоимость монтажных работ (включена стоимость оборудования и его подключение) на участке	400 тыс. руб./км
Затраты на проектно-изыскательские работы (ПИР)	120 млн руб.
Стоимость монтажных работ по установке оптико-волоконной линии	700 тыс. руб./км
Протяженность оптико-волоконной линии	96 км
Стоимость передающих устройств (хвостовые датчики)	3 тыс. руб.
Стоимость программного обеспечения для одного перегона	15 млн руб.
Прибыль от сокращения текущих затрат на содержание инфраструктуры и исключения отказов технических средств	210 млн руб./год

Далее рассчитаем затраты на оборудование локомотивов по формуле

$$S_{\text{лок.общ}} = \sum S_{\text{лок.}i}$$

$$S_{\text{лок.}i} = n_i \cdot S_{\text{об.секц.}}$$

где $S_{\text{лок.общ}}$ — общая сумма стоимости на оборудование всех локомотивов, руб.; $S_{\text{лок.}i}$ — стоимость оборудования локомотива с i секций, руб.; n_i — количество локомотивов с i секций, шт.; $S_{\text{об.секц.}}$ — стоимость установки аппаратуры в одну секцию локомотива (руб.).

1) $S_{\text{лок.1}} = 60 \cdot 60\,000 \text{ руб.} = 3\,600\,000 \text{ руб.}$ — стоимость оборудования односекционных локомотивов;

2) $S_{\text{лок.2}} = 218 \cdot 2 \cdot 60\,000 \text{ руб.} = 26\,160\,000 \text{ руб.}$ — стоимость оборудования двухсекционных локомотивов;

3) $S_{\text{лок.3}} = 59 \cdot 3 \cdot 60\,000 \text{ руб.} = 10\,620\,000 \text{ руб.}$ — стоимость оборудования трехсекционных локомотивов;

4) $S_{\text{лок.мот}} = 100 \cdot 60\,000 \text{ руб.} = 6\,000\,000 \text{ руб.}$ — стоимость оборудования мотовозов;

5) $S_{\text{лок.общ}} = 3\,600\,000 + 26\,160\,000 + 10\,620\,000 + 6\,000\,000 = 46\,380\,000 \text{ руб.}$ — общая стоимость оборудования локомотивов.

Произведем расчет необходимого количества передающих устройств (хвостовых датчиков) по формуле

Ожидаемый экономический эффект
при внедрении предложения

Прибыль от сокращения потерь от задержанных поездов, руб.	2 755 478
Прибыль от сокращения расходов на содержание действующей инфраструктуры с учетом затрат на содержание новой системы, млн руб.	210
Разовые затраты на внедрение данного проекта, млн руб.	624,4
Итого ожидаемый годовой экономический эффект, млн руб.	212,8

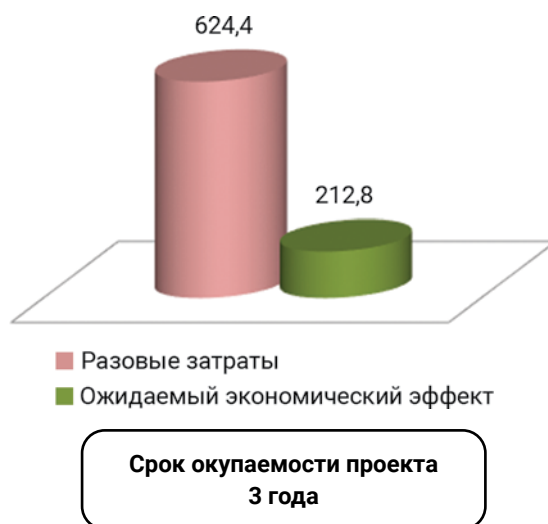


Рис. 4. Иллюстрация результатов расчета ожидаемого экономического эффекта и срока окупаемости проекта

$$S_{\text{дат.общ}} = n \cdot S_{\text{дат}},$$

где $S_{\text{дат.общ}}$ — общая стоимость датчиков, руб.; n — количество датчиков, шт.; $S_{\text{дат}}$ — стоимость одного датчика (руб.).

$S_{\text{дат.общ}} = 1000 \cdot 3000 \text{ руб.} = 3000000 \text{ руб.}$ — общая стоимость покупки датчиков.

Затем рассчитаем стоимость разработки ПО на участок по формуле

$$S_{\text{ПО.общ}} = S_{\text{ПО}} \cdot m,$$

где $S_{\text{ПО.общ}}$ — общая стоимость ПО на участке, руб.; $S_{\text{ПО}}$ — стоимость ПО для одного перегона, руб.; m — количество перегонов, шт.

$S_{\text{ПО.общ}} = 15000000 \text{ руб.} \cdot 13 = 195000000 \text{ руб.}$ — общая стоимость ПО для участка.

Итоговую сумму разовых затрат рассчитаем по формуле

$$S_{\text{р.з.}} = S_{\text{уч.общ}} + S_{\text{лок.общ}} + S_{\text{дат.общ}} + S_{\text{ПО.общ}} + S_{\text{ПИР}}$$

где $S_{\text{р.з.}}$ — сумма разовых затрат, руб.; $S_{\text{уч.общ}}$ — общая стоимость установки n оборудования на участке пути, руб.; $S_{\text{лок.общ}}$ — общая стоимость на оборудование всех локомотивов, руб.; $S_{\text{дат.общ}}$ — общая стоимость датчиков, руб.; $S_{\text{ПО.общ}}$ — общая стоимость ПО на участке, руб.; $S_{\text{ПИР}}$ — общая стоимость ПИР (руб.).

$S_{\text{р.з.}} = 260000000 + 46380000 + 3000000 + 195000000 + 120000000 = 624380000 \text{ руб.}$ — сумма разовых затрат на внедрение проекта на участке.

Так как за год работы данной системы мы получаем прибыль в размере 210 000 000 руб. за счет сокращения затрат на содержание инфраструктуры и исключения отказа технических средств, то срок окупаемости проекта можно рассчитать по формуле

$$T_{\text{ок}} = S_{\text{р.з.}} : P_{\text{год}},$$

где $T_{\text{ок}}$ — срок окупаемости, лет; $S_{\text{р.з.}}$ — сумма разовых затрат, руб.; $P_{\text{год}}$ — чистая прибыль, руб.

$$T_{\text{ок}} = 624380000 / 210000000 = 2,97 \approx 3 \text{ года.}$$

Предложение можно считать рентабельным, так как срок окупаемости составляет приблизительно 3 года (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вышеизложенное позволяет отметить некоторые эффекты, которыми будет выражено внедрение предложения в работу ОАО «РЖД»:

- количественные показатели: 624,4 млн руб. — инвестиции, 210 млн руб. в год — прибыль, 3 года — срок окупаемости инвестиций;
- качественные показатели: снижение технических отказов, повышение надежности передачи сигнала, повышение безопасности движения поездов и производственной безопасности, сокращение межпоездного интервала, повышение пропускной способности, организация интервального движения поездов, обеспечение автоведения поезда и безлюдной технологии работы;
- экономический эффект — 212,8 млн руб. в год.

Таким образом, исходя из развития систем мониторинга и диагностики состояния железнодорожной инфраструктуры, а также вышеперечисленных концепций, отказ от использования рельсовых цепей в части контрольных, технических и технологических функций полностью обоснован.

Выполненное исследование является результатом трехлетнего взаимодействия с СЖД. Элементы исследования уже внедрены на полигоне СЖД. Результаты обсуждались на производственных совещаниях и в рамках научно-производственной конференции «Дороги будущего. По пути инноваций».

ЛИТЕРАТУРА

1. Курочкин А.Е. Реализация проекта «Северный широтный ход» // Северный широтный ход: современные вызовы, механизмы реализации и перспективы: сб. тр. научно-практической конференции, посвященной 150-летию Северной железной дороги / под общ. ред. А.Ю. Панычева, П.К. Рыбина. 2019. С. 31–38.
2. Покровская О.Д. Эволюционно-функциональный подход к развитию транспортных узлов // Политранспортные системы: материалы IX Международной научно-технической конференции. 2017. С. 233–238.
3. Маликов О.Б., Покровская О.Д. Анализ системы нормирования на железнодорожном транспорте с позиций логистики и клиентоориентированности // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. Т. 14. № 2. С. 187–199.
4. Покровская О.Д. Комплексная оценка транспортно-складских систем железнодорожного транспорта: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2018. 377 с.
5. Покровская О.Д., Титова Т.С. Понятийный аппарат терминалистики // Бюллетень результатов научных исследований. 2018. № 2. С. 29–43.
6. Покровская О.Д., Маликов О.Б. Вопросы логистической иерархии железнодорожных объектов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2016. Т. 13. № 4 (49). С. 521–531.
7. Покровская О.Д., Маликов О.Б. Эволюционно-функциональный подход к классификации транспортных узлов // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. Т. 14. № 3. С. 406–419.
8. Самуйлов В.М., Покровская О.Д., Цяо Цун. Концепция «Новый шелковый путь» (Китай, Россия, Германия) // Инновационный транспорт. 2017. № 4 (26). С. 26–28. DOI: 10.20291/2311-164X-2017-4-26-28
9. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evolutionary-functional approach to transport hubs classification // Advances in Intelligent

Systems and Computing. 2020. Pp. 356–365. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8_33

10. Pokrovskaya O. Terminalistics as the methodology of integrated assessment of transportation and warehousing systems // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 216. P. 02014. DOI: 10.1051/mateconf/201821602014
11. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Assessment of Transport and Storage Systems // VIII International Scientific Siberian Transport Forum. 2020. Pp. 570–577. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2_55
12. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Methods of rating assessment for terminal and logistics complexes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 403. P. 012199. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012199
13. Титова Т.С., Покровская О.Д. Междисциплинарное положение теории терминалистики // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2018. Т. 15. № 2. С. 248–260.
14. Покровская О.Д., Коровяковский Е.К. Терминалистика — организация и управление в транспортных узлах // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2016. Т. 13. № 4 (49). С. 509–520.
15. Полянский Ю.А., Куренков П.В. Топологическое моделирование взаимодействия хозяйств железной дороги // Транспорт: наука, техника, управление. 2003. № 7. С. 8–18.
16. Полянский Ю.А., Куренков П.В. Дорожный центр ситуационного управления: проблемы создания и функционирования // Экономика железных дорог. 2003. № 1. С. 51–65.
17. Ефремов В.А., Куренков П.В. Логистизация управления движением поездов // Логистика сегодня. 2004. № 5. С. 31–38.
18. Мохонько В.П., Исаков В.С., Куренков П.В. Ситуационное управление перевозочным процессом // Транспорт: наука, техника, управление. 2004. № 11. С. 14–16.
19. Быкадоров С.А., Куренков П.В., Серкова А.В., Чиркова О.В. Анализ методов определения себестоимости грузовых перевозок // Вестник транспорта. 2014. № 3. С. 30–41.

REFERENCES

1. Kurochkin A.E. Implementation of the project “Northern latitudinal railway”. *Northern latitudinal railway: modern challenges, implementation mechanisms and prospects: collection of proceedings of the scientific and practical conference dedicated to the 150th anniversary of the Northern Railway* / ed. A. Yu. Panycheva, P.K. Rybina. 2019; 31-38. (In Russian).
2. Pokrovskaya O.D. Evolutionary-functional approach to the development of transport hubs. *Political transport systems: materials of the IX International Scientific and Technical Conference*. 2017; 233-238. (In Russian).
3. Malykov O.B., Pokrovskaya O.D. Rate-setting system analysis of railroad transport from a position of logistics and customer-oriented approach. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2017; 14(2):187-199. (In Russian).
4. Pokrovskaya O.D. *Comprehensive assessment of transport and storage systems of railway transport: diss. ... doct. tech. sciences*. St. Petersburg, 2018; 377. (In Russian).
5. Pokrovskaya O.D., Titova T.S. Research vocabulary of terminalistics. *Bulletin of Scientific Research Result*. 2018; 2:29-43. (In Russian).

6. Pokrovskaya O.D., Malikov O.B. Concerning the logistics hierarchy of railway facilities. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2016; 13(4):(49):521-531. (In Russian).
7. Pokrovskaya O.D., Malykov O.B. Evolutionary functional approach to transport nodes classification. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2017; 14(3):406-419. (In Russian).
8. Samuilov V.M., Pokrovskaya O.D., Qiao Cong. Concept «New silk road» (China, Russia, Germany). *Innotrans*. 2017; 4(26):26-28. DOI: 10.20291/2311-164X-2017-4-26-28 (In Russian).
9. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Evolutionary-functional approach to transport hubs classification. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020; 356-365. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8_33
10. Pokrovskaya O. Terminalistics as the methodology of integrated assessment of transportation and warehousing systems. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 216:02014. DOI: 10.1051/mateconf/201821602014
11. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Assessment of Transport and Storage Systems. *VIII International Scientific Siberian Transport Forum*. 2020; 570-577. DOI: 10.1007/978-3-030-37916-2_55

12. Pokrovskaya O., Fedorenko R. Methods of rating assessment for terminal and logistics complexes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 403:012199. DOI: 10.1088/1755-1315/403/1/012199
13. Titova T.S., Pokrovskaya O.D. Interdisciplinary proposition of the theory of terminalistics. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2018; 15(2):248-260. (In Russian).
14. Pokrovskaya O.D., Korovyakovskij E.K. Terminalistics: organization and management in transport hubs. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2016; 13(4):49:509-520. (In Russian).
15. Polyansky Yu.A., Kurenkov P.V. Topological modelling of railway facilities interaction. *Transport: Science, Engineering, Management*. 2003; 7:8-18. (In Russian).
16. Polyansky Yu.A., Kurenkov P.V. Road center for situational management: problems of creation and functioning. *Economy of Railways*. 2003; (1):51-65. (In Russian).
17. Efremov V.A., Kurenkov P.V. Logistics of train traffic management. *Logistics Today*. 2004; 5:31-38. (In Russian).
18. Mokhonko V.P., Isakov V.S., Kurenkov P.V. Situational management of the transportation process. *Transport: Science, Engineering, Management*. 2004; 11:14-16. (In Russian).
19. Bykadorov S.A., Kurenkov P.V., Serkova A.V., Chirkova O.V. Analysis of methods for determining the cost of freight traffic. *Bulletin of Transport*. 2014; 3:30-41. (In Russian).

Об авторах

Виталий Александрович Лахтионов — диспетчер; **Архангельская дистанция сигнализации, централизации и блокировки, Северная железная дорога — филиал ОАО «Российские железные дороги» (Архангельская дистанция СЦБ, Северная железная дорога — филиал ОАО «РЖД»); 163051, г. Архангельск, пл. 60-летия Октября, 4, к. 1; insight1986@inbox.ru;**

Екатерина Сергеевна Роднева — студентка кафедры железнодорожные станции и узлы; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; esrodneva@gmail.com;**

Елизавета Максимовна Иванова — студентка кафедры железнодорожные станции и узлы; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; insight1986@inbox.ru.**

Bionotes

Vitaly A. Lakhtionov — dispatcher; **Arkhangelsk signaling, centralization and blocking distance, Northern Railway — branch of JSC Russian Railways; build. 1, 4 60th anniversary of October square, Arkhangelsk, 163051, Russian Federation; insight1986@inbox.ru;**

Ekaterina S. Rudneva — student of the Department of Railway stations and nodes; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS); 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation; esrodneva@gmail.com;**

Elizaveta M. Ivanova — student of the Department of Railway stations and nodes; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS); 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation; insight1986@inbox.ru.**

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Лахтионов В.А., Роднева Е.С., Иванова Е.М. Цифровая среда бесшовной передачи данных без рельсовых цепей // Техник транспорта: образование и практика. 2020. Т. 1. Вып. 4. С. 352–359. DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.352-359

FOR CITATION: Lakhtionov V.A., Rudneva E.S., Ivanova E.M. Digital environment for seamless data transmission of trackless circuits. *Transport technician: education and practice*. 2020; 1(4):352-359. (In Russian). DOI 10.46684/2687-1033.2020.4.352-359

Поступила в редакцию 8 апреля 2020 г.

Принята в доработанном виде 30 апреля 2020 г.

Одобрена к публикации 20 августа 2020 г.

Received April 8, 2020.

Adopted in a revised form on April 30, 2020.

Approved for publication on August 20, 2020.

© В.А. Лахтионов, Е.С. Роднева, Е.М. Иванова, 2020