

9. Zasov V.A. Kompensatsiya pomekh v priemnikakh signalov avtomaticheskoi lokomotivnoi signalizatsii [Compensation of interference in receivers of signals of automatic locomotive signaling] // *Avtomatika na transporte [Automation in transport]*, 2019. No. 1. Pp. 32–44.

10. Skorobogatov M.E. Uzkopolosnyi tsifrovoy fil'tr dlya vydeleniya signalov ALSN v usloviyakh deistviya intensivnykh pomekh [Narrow-band digital filter for isolation of signals of continuous cab signalling in conditions of intense interference] // *Transport Urala [Transport of the Urals]*, 2019. No. 4 (63). Pp. 20–27.

11. Skorobogatov M.E., Pul'tyakov A.V., Demyanov V.V. *Odnopolosnyi tsifrovoy fil'tr dlya avtomaticheskoi lokomotivnoi signalizatsii [A single-band digital filter for automatic locomotive signaling]*. Pat. 2727077 Russian Federation: MPK7 B61L 25/06 /; applicant and patentee is Irkutsk State Transport University. No. 2019114631; appl. May 13, 2020; publ. July 17, 2020, Bull. No. 20.

12. Pul'tyakov A.V., Trofimov Yu.A. *Ustroystvo povysheniya elektromagnitnoi sovmestimosti avtomaticheskoi lokomotivnoi signalizatsii s obratnoi tyagovoi set'yu [A device for increasing the electromagnetic compatibility of automatic locomotive signaling with a reverse traction network]*. Pat. 2533942 Russian Federation: MPK7 B61L 25/06 /; applicant and patentee is Irkutsk State Transport University. No. 2013109329/11; appl. January 03, 2013; publ. 27 November, 2014, Bull. No. 33.

13. Shamanov V.I., Pul'tyakov A.V., Trofimov Yu.A. *Priemnoe ustroystvo dlya avtomaticheskoi lokomotivnoi signalizatsii [A receiving device for automatic locomotive signaling]*. Pat. 59010 Russian Federation: MPK7 B61L 25/06 /; applicant and patentee is IRGUPS. No. 2006124216/22; appl. May 07, 2006 publ. December 10, 2006, Bull. No. 14.

14. Ofengeim Kh.G., Ofengeim D.Kh., Mekhov V.B., Orlov I.G. et al. *Drossel'-transformator [Impedance bond with secondary winding]*. Pat. 116111 Russian Federation: MPK7 B61L 1/08 /; applicants and patent holders are Kh.G. Ofengeim, D.Kh. Ofengeim. No. 2012100056/11; appl. October 01, 2012; publ. May 20, 2012, Bull. No. 14.

15. Lunev S.A., Khodkevich A.G., Seroshtanov S.S., Dremin V.V. *Sdvoennyi drossel'-transformator [Double impedance bond with secondary winding]*: Pat. 2616221 Russian Federation: MPK7 B61L 1/08; B61L 23/16 /; applicant and patentee is Omsk State Transport University. No. 2015148903; appl. November 13, 2015; publ. April 13, 2017, Bull. No. 11.

16. Shevtsova E.Yu. *Ustroystvo dlya razmagnichivaniya rel'sovogo drossel'-transformatora [A device for demagnetizing a rail impedance bond with secondary winding]*: Pat. 131898 Russian Federation: MPK7 N01F 13/00 /; applicant and patentee is E.Yu. Shevtsova. No. 2013111439/07; appl. March 14, 2013; publ. August 27, 2013, Bull. No. 24.

17. Abuseridze Z.V. *Kompensiruyushchii rel'sovyi drossel'-transformator [Compensating rail impedance bond with secondary winding]*: Pat. 137247 Russian Federation: MPK7 B61L 1/00; applicant and patentee is CJSC SOKB Vector. No. 2013133069/11; appl. July 17, 2013; publ. October 02, 2010, Bull. No. 4.

18. Menaker K.V., Pul'tyakov A.V., Bushuev E.M., Vostrikov M.V. *Putevoi drossel'-transformator s kompensiruyushchim ustroystvom magnitnogo potoka serdechnika [A track impedance bond with a compensating device for the magnetic flux of the core]*. Pat. 2731298 Russian Federation: MPK7 B61L 23/16 /; applicant and patentee is Irkutsk State Transport University. No. 2019139492; appl. March 12, 2019; publ. September 01, 2020, Bull. No. 25.

Информация об авторах

Пультяков Андрей Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации, телемеханики и связи, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: pul'tyakov@irgups.ru

Менакер Константин Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры электроснабжения, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита e-mail: menkot@mail.ru

Востриков Максим Викторович – старший преподаватель кафедры электроснабжения, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита e-mail: aspirin1979@mail.ru

Information about the authors

Andrei V. Pul'tyakov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment of Automation, Remote Control and Communication. Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: pul'tyakov@irgups.ru;

Konstantin V. Menaker – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment of Power Supply, Transbaikal Institute of Railway Transport, Chita, e-mail: menkot@mail.ru

Maksim V. Vostrikov – Senior Lecturer of the Subdepartment of Power Supply, Transbaikal Institute of Railway Transport, Chita, e-mail: aspirin1979@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.4(68).141-150

УДК 656.259

Улучшение показателей работы железнодорожной станции за счет преобразования способов тягового обслуживания поездов

И. А. Чубарова, Н. Ю. Гончарова✉

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

✉ gonnataly@mail.ru

Резюме

Сегодня структура потоков поездов и вагонопотоков имеет значительные колебания по периодам времени, а временные промежутки в движении поездов на отдельных направлениях сети увеличиваются. Вместе эти критерии вызывают ряд рисков для ОАО «Российские железные дороги», оказывающих влияние на стабильное выполнение обязательств по

перевозке грузов и пассажиров. Освоение дополнительных объемов перевозочной работы возможно за счет инвестиций в инфраструктуру. Альтернативным способом увеличения провозной способности железнодорожных линий могут выступать, например, технологические решения: оптимизация вагонопотоков (изменение плана формирования); увеличение гарантийных участков безопасного проследования вагонов; удлинение участков обращения локомотивов или участков работы локомотивных бригад. Решением большинства проблемных вопросов может стать организация работы локомотивов на тяговых плечах протяженностью до 400–450 км. Целью данного исследования является анализ эффективности изменения технологии работы локомотивных бригад на удлиненном тяговом плече Тайшет – Зима для улучшения показателей работы станции Нижнеудинск. Для оценки влияния вождения грузовых поездов на увеличенном тяговом плече работы локомотивных бригад Тайшет – Зима на функционирование станции Нижнеудинск была сформирована цифровая модель станции в программном обеспечении для автоматизированного построения план-графика работы станции, разработанном НИИ информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте. Разработка имитационной модели дала возможность определить качественные параметры работы станции Нижнеудинск, а также оценить экономическую эффективность работы «до» и «после» принятия технологических решений. Анализ параметров работы станции позволил сделать вывод, что с учетом увеличения протяженности тягового плеча работы локомотивных бригад на участке Тайшет – Зима, время простоя вагонов, следующих транзитом, сократилось, что, в свою очередь, положительно сказалось на затратах, необходимых для содержания эксплуатируемого парка локомотивов (их числа) и локомотивных бригад.

Ключевые слова

удлинение участков обращения локомотивов, работа локомотивных бригад, тяговые плечи, имитационная модель, моделирование, суточный план-график, эффективность работы, технологические решения, экономический эффект

Для цитирования

Чубарова И.А. Улучшение показателей работы железнодорожной станции за счет преобразования способов тягового обслуживания поездов / И.А. Чубарова, Н.Ю. Гончарова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 4 (68). – С. 141–150. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.4(68).141-150

Информация о статье

поступила в редакцию: 14.10.2020, поступила после рецензирования: 20.10.2020, принята к публикации: 10.11.2020

Improving the operating indicators of the railway station due to the conversion of train traction maintenance methods

I. A. Chubarova, N. Yu. Goncharova✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ gonnataly@mail.ru

Abstract

Today the structure of train flows and car flows fluctuates significantly over time periods, and the time intervals of train traffic in certain directions of the network are steadily going upwards. Together, these criteria give rise to a number of risks for Russian Railways OAO that affect the stable fulfillment of obligations for the transportation of goods and passengers. It is possible to implement additional amount of transportation work due to investments in infrastructure. An alternative way to increase the carrying capacity of railway lines can be, for example, technological solutions: optimization of car traffic (changes in the formation plan); an increase in the guaranteed sections for the safe passage of cars; lengthening the locomotive circulation areas or work areas of locomotive crews. The solution to most problematic issues can be the organization of locomotive operation on locomotive runs with a length of up to 400–450 km. The purpose of this study is to analyze the effectiveness of changing the locomotive crew operation technology on the extended locomotive run Taishet – Zima to improve the performance of Nizhneudinsk station. To assess the impact of driving freight trains at an increased locomotive run of the Taishet – Zima locomotive crews on the operation of Nizhneudinsk station, a digital model of Nizhneudinsk station was formed in the software for the automated construction of the station operation schedule developed by The Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport (NIAS OAO): the subsystem for analysis, modeling and optimization of station operation technology (ISUZhT TS). The development of a simulation model made it possible to determine the qualitative parameters of the operation of Nizhneudinsk station, as well as to assess the economic efficiency of operation “before” and “after” technological solutions. The analysis of the parameters of the station’s operation allowed us to conclude that, taking into account the increase in the length of the locomotive run of the locomotive crew operation on the Taishet-Zima section, the detention of the cars in transit decreased, which in turn had a positive effect on the costs required to maintain the operational fleet of locomotives (their numbers) and locomotive crews.

Keywords

lengthening of locomotive circulation areas, work of locomotive crews, locomotive runs, simulation model, modeling, daily schedule, work efficiency, technological solutions, economic effect

For citation

Chubarova I. A., Goncharova N. Yu. Uluchshenie pokazatelei raboty zheleznodorozhnoi stantsii za schet preobrazovaniya sposobov tyagovogo obsluzhivaniya poezdov [Improving the operating indicators of the railway station due to the conversion of train traction maintenance methods]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, No. 4 (68), pp. 141–150. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.4(68).141-150

Article info

Received: 14.10.2020, Revised: 20.10.2020, Accepted: 10.11.2020

Введение

Сегодня на дорогах Восточного полигона имеется устойчивый тренд в увеличении размеров грузооборота. Так, по прогнозам Института экономики и развития транспорта предполагается увеличение грузового движения по отношению к уровню 2019 г. не менее чем на 15–20 % [1]. Безусловно, в этих условиях ОАО «РЖД» должно обеспечить провоз всех предъявляемых грузов и в установленные сроки. При этом все понимают, что инфраструктурные возможности полигона ограничены, т. е. освоение дополнительных объемов перевозочной работы возможно за счет развития железнодорожных станций, строительства дополнительных путей и прочего, иными словами – за счет инвестиций в инфраструктуру [2]. Альтернативным способом увеличения провозной способности железнодорожных линий может выступать, например, применение следующих технологических решений:

- оптимизация вагонопотоков (изменение плана формирования);
- увеличение гарантийных участков безопасного проследования вагонов;
- удлинение участков обращения локомотивов или участков работы локомотивных бригад [3].

Целью данного исследования является анализ эффективности изменения технологии работы локомотивных бригад на удлиненном тяговом плече Тайшет – Зима для улучшения показателей работы станции Нижнеудинск.

Технология тягового обслуживания поездов на Восточном полигоне

Диспетчерское руководство движением поездов на уровне Восточного полигона осуществляется аппаратом Дирекции управления движением на Восточном полигоне (ДВП). Управление движением поездов производится на 59 диспетчерских участках, которые входят в 3 диспетчерских центра управления перевозками (ДЦУП):

- ДЦУП Дальневосточной дирекции управления движением.
- ДЦУП Дирекции управления движением на Восточном полигоне;
- ДЦУП Красноярской дирекции управления движением [4].

Взаимодействие основных уровней руководства эксплуатационной работой осуществляется путем оперативного планирования поездной работы на

Восточном полигоне по сквозным технологиям. При этом применяются единые информационные базы, содержащие порядок:

- работы железнодорожных станций;
- работы локомотивных бригад;
- использования погрузочных и кадровых ресурсов [5].

На полигоне имеется 34 эксплуатационных локомотивных депо (ТЧЭ) и 27 сервисных локомотивных депо. Техническое обслуживание выполняют 40 пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), в том числе 9 – сетевого значения. Приписной парк локомотивов грузовых серий составляет 2,5 тыс. ед., из которых 70 % – электровозы переменного тока. На полигоне имеется 35 участков со сложным профилем пути, в которых для реализации унифицированных весовых норм организовано движение грузовых поездов с подталкиванием. Полигон включает в себя 8 основных тяговых плеч, которые обеспечивают подвязку под грузовые поезда без отцепки локомотива с проходом до станции назначения поезда или до стыка тягового плеча [6].

Вожение грузовых поездов локомотивными бригадами осуществляется на основе участков работы локомотивных бригад (УРЛБ) между техническими железнодорожными станциями, длиной 200–500 км. Контингент локомотивных бригад составляет 28,7 тыс. чел. Установлены полигоны, плечи и участки обращения локомотивов, обслуживающие их серии электровозов и тепловозов, пункты проведения ТО-2, а также участки работы локомотивных бригад (границы и длины). Определены и иные условия:

- содержание оперативного резерва локомотивов на станциях Восточного полигона;
- порядок расчета потребного эксплуатируемого парка локомотивов на предъявляемые месячные (среднесуточные) размеры объемы перевозок;
- порядок нормирования и учет выполнения качественных показателей;
- порядок обеспечения тяговыми ресурсами в период предоставления «окон»;
- организация постановки локомотивов на техническое обслуживание и ремонт локомотивов;
- организация работы локомотивных бригад;
- сменно-суточное планирование потребности контингента локомотивных бригад грузового движения на предъявляемые размеры перевозок по участкам обслуживания и их регулирование;

- основные принципы и приоритеты автоматизированной подвязки локомотивов и локомотивных бригад на запланированные нитки графика отправления поездов со станции;

- организация работы локомотивов и локомотивных бригад в пассажирском движении;

- обеспечение локомотивов и локомотивных бригад в хозяйственном движении на Восточном полигоне;

- распределение ответственности между участниками технологического процесса управления локомотивным парком [7].

Предложения по изменению участков работы локомотивных бригад при переходе на удлинённые плечи

Сегодня структура потоков поездов и вагонопотоков характеризуется значительными колебаниями по периодам времени, а временные промежутки в движении поездов на отдельных направлениях сети имеют устойчивый тренд к увеличению [8]. Вместе эти критерии вызывают ряд рисков для ОАО «РЖД», оказывающих влияние на стабильное выполнение обязательств по перевозке грузов и пассажиров:

- сверхнормативная загрузка отдельных станций или значительная длительность их работы в условиях пиковых загрузок – вызывает задержки потоков поездов на станции в ожидании выполнения технологических операций, или задержки потоков поездов на подходах к станциям;

- «недозагрузка» отдельных железнодорожных станций и «перегрузка» других – как следствие возникает неравномерность потоков поездов в разрезе технологических линий, которые выполняются с ними на маршруте следования;

- недостаточность локомотивного парка для освоения предъявляемых размеров движения на тяговых полигонах;

- недостаточность локомотивных бригад на участках работы – плечах обслуживания;

- необходимость предоставления технологических окон для выполнения работ по оздоровлению пути, в том числе для капитального ремонта и др.

Это небольшой перечень проблемных вопросов, вызывающих риски неудовлетворения клиентов, которые впоследствии могут вылиться для ОАО «РЖД» в финансовые или репутационные издержки. Решением большинства проблем может стать организация работы локомотивов на тяговых плечах протяженностью до 400–450 км. Ключевыми преимуществами обслуживания тяговых плеч большой протяженности являются:

- использование меньшего числа локомотивных бригад на маршрутах следования поездов;

- повышение пропусков транзитом отдельных технических железнодорожных станций за счет их проследования на ходу, как следствие, повышение

- резервов пропускной способности, снижение простоя вагонов на станции;

- повышение маршрутной скорости за счет исключения стоянок поездов на отдельных технических станциях;

- увеличение участковой скорости за счет исключения потерь времени на заезд и выезд поездов на технические станции (компоненты бюджета времени на разгон и замедление);

- сокращение потребного парка локомотивов для освоения предъявляемых размеров движения [9].

В данном исследовании рассмотрена существующая технология вождения грузовых поездов и основные участки работы локомотивных бригад, на подходах к станции Нижнеудинск: Иланская – Нижнеудинск; Саянск – Тайшет; Тайшет – Нижнеудинск; Нижнеудинск – Зима [10].

При существующей системе организации работы локомотивных бригад максимальная протяженность участков работы локомотивных бригад на прилегающих направлениях не превышает 300 км. При этом при эффективном продвижении поездов на этих участках, когда будет выполняться участковая скорость по графику (50,2 км/ч по ВСЖД), время работы локомотивных бригад от явки в пункт отправления до выхода с работы в пункте назначения не превысит 9 ч, т. е. потенциально в лимите локомотивной бригады остается до 3 ч рабочего времени, или в потенциальном дополнительном пробеге – до 150 км. Безусловно, на выполнение участковой скорости оказывают влияние различные факторы, но в то же время очевидно, что при нивелировании этих факторов и их частичном исключении, а также грамотной диспетчеризации имеется возможность организации движения поездов на большие по длине тяговые плечи работы локомотивных бригад. Сегодня эта практика частично применяется на отдельных направлениях [11].

В данном исследовании рассмотрен вариант организации работы локомотивных бригад на удлинённых тяговых плечах. Безусловно, этот вариант организации не предлагается как единственный к исполнению. Уместно комбинирование различных вариантов организации движения с учетом необходимости форсирования пропускными способностями технических станций по маршрутам следования для обеспечения баланса и исключения пиковых загрузок станций. Предлагается вождение части поездов на участках работы локомотивных бригад: Красноярск-Восточный – Тайшет; Тайшет – Зима; Саянская – Нижнеудинск [12].

На перспективных тяговых плечах максимальная протяженность участков работы локомотивных бригад не превышает 420 км, что по сути является производным критерием от допустимого времени работы локомотивной бригады на участке. Это удовлетворяет условию максимальной ее продолжительности [13].

При удлинении тягового плеча рассмотрен вариант организации движения поездов с Абаканского направления на главный ход Транссибирской магистрали при вождении их локомотивами по плечу Междуреченск – Таксимо. Поезда с Абаканского направления заходят на станцию Тайшет в транзитный парк или парк О-4 для смены поездных локомотивов в связи с изменением тягового полигона, после чего под них подвязываются локомотивные бригады для ведения поезда на тяговом плече большей протяженностью Тайшет – Зима. Эти поезда проследуют станцию Нижнеудинск на проход. Согласно статистическим данным о работе за 2019 г. среднесуточное число таких поездов составляет до 5 пар [14].

Создание модели работы станции и анализ полученных параметров работы

Для того чтобы оценить влияние вождения грузовых поездов на увеличенном тяговом плече работы локомотивных бригад Тайшет – Зима на работу станции Нижнеудинск, была сформирована цифровая модель станции Нижнеудинск в программном обеспечении НИИ информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте – «Подсистема анализа, моделирования и оптимизации и технологии работы станции» (ИСУЖТ ТС) [15].

Программа ИСУЖТ ТС предназначена для решения следующих задач:

- построение план-графика работы станции при заданных условиях;
- расчет норм простоя вагонопотоков на станции;
- анализ работы станции в условиях заданных инфраструктурных и кадровых ресурсов, технологии, объемов и структуры потоков поездов и вагонопотоков;
- выявление «узких» мест по всему взаимосвязанному комплексу станции;
- формирование и оценка вариантов развития существующего состояния инфраструктуры и численности кадрового состава станции, вариантов изменения технологии работы станции.

В основе построения нормативного плана-графика работы станции в программе лежит метод имитационного моделирования работы станции. Процесс расчета представляет собой максимально приближенное к реальности моделирование работы станции с учетом местных технологических особенностей непосредственно на цифровой модели станции (на схеме имитируется поездная и маневровая работа станции при текущей технологии работы и входном потоке поездов и вагонопотоке).

Для построения цифровой модели станции Нижнеудинск были использованы следующие исходные данные:

- схематический и масштабный планы станции – приложения к ТРА станции;

- станционные бригады станции – бригады работников пункта технического и коммерческого осмотра, составители и сигналисты;
- маневровые локомотивы станции – их расположение, специализация и серии локомотивов;
- расположение локомотивных депо – участки примыкания и выполняемые виды работ с локомотивами;
- план формирования грузовых поездов;
- характеристика основных направлений, нормы веса и длины грузовых поездов на них;
- нормативный график движения поездов – расписание прибытия, отправления и проследования поездов по станции;
- технологический процесс работы станции в части выполнения технологических последовательностей (технологических цепочек) работы с потоками поездов и вагонопотоками (элементарными группами вагонов и локомотивов) на станции, а также порядка работы с поездными локомотивами;
- технико-распорядительный акт станции в части условий обеспечения безопасности движения поездов;
- расчетные потоки поездов и вагонопотоки для станции [16].

Заполнение исходных данных в цифровой модели станции производится путем импорта (схематический и масштабный планы станции, план формирования и график движения грузовых поездов) и ручным вводом (технологические цепочки и формирование элементарных групп вагонов и локомотивов).

Данные об объемах потоков поездов по направлениям взяты на основе фактически выполненных размеров движения и существующей технологии работы с транзитными поездами по итогам работы в 2019 г. (табл. 1).

В цифровую модель станции Нижнеудинск включены также вагоны местных назначений [17].

В системе ИСУЖТ ТС предусмотрена автоматизированная фиксация результатов расчета по итогам моделирования. Системой в процессе имитационного моделирования фиксируются данные о загрузке станционных бригад, маневровых локомотивов, станционных путей.

В нормативных условиях анализ результатов моделирования работы станции Нижнеудинск позволил сделать вывод, что простой транзитных вагонов без переработки составил 1,19 ч, а простой транзитного поезда в среднем составляет 1,5 ч (в соответствии с технологическим процессом) [18].

Создание имитационной модели работы станции Нижнеудинск с учетом увеличения протяженности тяговых плеч на полигоне

Для оценки изменений в технологию управления тяговыми ресурсами на работу станции Нижнеудинск вносятся изменения в цифровую модель ИСУЖТ ТС.

Получение корректных результатов по итогам моделирования возможно при условии сравнения результатов моделирования при прочих равных:

- техническом оснащении железнодорожной станции (одинаковая инфраструктура в обеих цифровых моделях);
- размерах входного потока поездов и вагонопотока;
- технологии обработки поездов, поступающих в расформирование, и поездов своего формирования;
- кадровом составе станции, участвующем в технологическом процессе работы станции;
- идентичном по количеству и качеству тяговом подвижном составе для проведения маневровой работы на станции;
- расписании движения грузовых поездов на станции;
- плане формирования грузовых поездов;
- технологии работы пункта технического обслуживания локомотивов;
- технологии обработки подъездных путей общего и необщего пользования [19].

Изменению в цифровой модели станции Нижнеудинск подвергнется только технология работы с грузовыми поездами, следующими транзитом со сменой поездных локомотивов в связи с изменением тяговых полигонов по направлениям: четные – со станции Тайшет на станцию Зима, нечетные – со станции Зима на станцию Тайшет [20].

Таблица 1. Размеры движения поездов по станции Нижнеудинск
Table 1. Amounts of train movement at Nizhneudinsk station

Типы выполняемых операций	Число поездов в направлениях	
	Четное (со станции Тайшет), поездов	Нечетное (со станции Зима), поездов
Смена локомотивной бригады и ТО вагонов в поезде	5	3
Смена локомотивной бригады	35	35
Смена локомотива и ТО вагонов в поезде	3	1
Смена локомотива без ТО вагонов в поезде	15	15
Проследование на проход	12	12

Поезда, в которых на станции Нижнеудинск были предусмотрены смена локомотива и локомотивных бригад, будут без остановки проследовать данную станцию.

Простой вагонов на станции, рассчитанные по результатам моделирования работы станции за двое суток, представлены далее (табл. 2).

Сравнение основных показателей выполнения эксплуатационной работы на станции Нижнеудинск без изменений и с учетом увеличения протяженности тяговых плеч

Сравниваемые результаты расчетов (качественные и количественные параметры) обозначены условно.

Суточный план-график № 1 – параметры работы станции по результатам моделирования без изменений. Суточный план-график № 2 – параметры работы станции по результатам моделирования с учетом увеличения протяженности тяговых плеч

Сравнение показателей работы станции Нижнеудинск по результатам моделирования представлены (табл. 3).

Анализ параметров работы станции показал, что с учетом увеличения протяженности тягового плеча работы локомотивных бригад Тайшет – Зима, время простоя вагонов, следующих транзитом, сократилось до 1,1 ч за счет того, что были ликвидированы стоянки грузовых поездов для смены поездных локомотивов.

Заключение

В проектах ОАО «РЖД» по повышению производственного развития в основе лежат технико-экономические обоснования. Для технической и экономической оценки используют системы построения имитационных моделей. Они дают возможность определить качественные параметры работы станций и участков, а также полигонных технологий (повышение транзитности станции Нижнеудинск, минимизирование простоев поездов под технологией) на основе построения имитационных моделей железнодорожных станций и сравнения результатов расчетов до и после внесения изменений с использованием программного обеспечения «Подсистемы анализа, моделирования и оптимизации работы железнодорожных станций».

Снижение числа случаев смены поездных локомотивов в составах транзитных поездов и связанное с этим изменение технологии их обработки повышает качество использования тягового подвижного состава на станции Нижнеудинск. Так как простой поездных локомотивов на станции является составной компонентой участкового оборота локомотива, от значения которого в прямой зависимости находится потребное число поездных локомотивов на рассматриваемом участке для освоения предъявляемых размеров движения грузовых поездов, его снижение положительно сказывается на затратах, необходимых для содержания эксплуатируемого парка локомотивов (их числа) и локомотивных бригад [21].

Таблица 2. Простой вагонов на станции Нижнеудинск
Table 2. Detention of cars at Nizhneudinsk station

Количество вагонов	Усредненная норма простоя вагонов, час/ваг.					
	Общая		Производительная		Непроизводительная	
	Элемент	Категория	Элемент	Категория	Элемент	Категория
1. Транзитные вагоны без переработки						
Всего						
9 558	–	1,11	–	0,90	–	0,21
1. Ожидание времени для обработки вагона						
9 558	0,18	0,04	0,18	0,04	–	0,00
2. Время на обработку вагона						
9 558	0,37	0,29	0,37	0,29	0,00	0,00
3. Ожидание локомотива						
9 558	0,36	0,09	0,05	0,01	0,31	0,08
4. Ожидание отправления						
9 558	–	0,69	–	0,56	–	0,13
2. Транзитные вагоны с переработкой						
Всего						
67	–	22,33	–	22,17	–	0,16
1. От прибытия до начала расформирования						
67	–	1,18	–	1,11	–	0,07
2. Расформирование						
67	–	0,43	–	0,43	–	–
3. Накопление и формирование						
67	–	18,42	–	18,42	–	–
4. От окончания формирования до отправления						
67	–	2,3	–	2,21	–	0,09
3. Местные вагоны						
Всего						
32	–	30,34	–	29,20	–	1,14
1. Время с момента прибытия вагона до подачи вагона под грузовую операцию						
32	–	3,70	–	3,00	–	0,70
2. Время с момента подачи вагона на грузовую операцию до ее окончания						
32	–	12,77	–	12,77	–	0,00
3. Время с момента окончания грузовой операции с вагоном до уборки вагона						
32	–	0,34	–	0,34	–	0,00
4. Время с момента уборки вагона до отправления						
32	–	13,53	–	13,09	–	0,44
5. Всего на ответственности ОАО «РЖД»						
32	–	17,23	–	16,09	–	1,14
4. Общий простой грузовых вагонов						
Всего						
9 657	–	1,11	–	0,90	–	0,21

Таблица 3. Сравнение показателей работы станции Нижнеудинск по результатам моделирования
Table 3. Comparison of Nizhneudinsk station performance indicators based on simulation results

Наименование показателя	Суточный план-график № 1	Суточный план-график № 2	$\Delta(\text{abs})$
1. Вагонооборот станции, вагонов	15 864	16 002	138
2. Рабочий парк, вагонов	560	528	–32
3. Погрузка, вагонов	32	32	0
4. Выгрузка, вагонов	–	–	–
5. Коэффициент двоящих операций	1	1	0
6. Средняя загрузка маневровых локомотивов, %	56	50	–6
7. Средняя загрузка станционных бригад ПТО в парках отправления, %	36	32	–4
8. Средняя загрузка сигнальщиков в парках отправления, %	39	32	–7
9. Средний простой транзитного вагона без переработки, ч	1,19	1,11	–0,08
10. Средний простой транзитного вагона с переработкой, ч	22,33	22,33	0
11. Средний простой местного вагона, ч	30,34	30,34	0
12. Средний простой местного вагона на ответственности ОАО «РЖД», ч	17,23	28,28	0

Таким образом, к основным положительным результатам предлагаемой технологии можно отнести:

- сокращение простоя транзитных поездов на станции за счет ликвидации смены поездных локомотивов;
- уменьшение расходов на содержание локомотивного парка, связанных с высвобождением локомотивов грузового движения;

– уменьшение расходов на содержание локомотивных бригад (за счет исключения локомотивной бригады на станции Нижнеудинск);

- сокращение расходов на содержание станционных путей за счет уменьшения продолжительности их занятия;
- общий экономический эффект от реализации технологии управления тяговыми ресурсами на тяговом плече Тайшет – Зима составит более 22,6 млн руб.

Список литературы

1. Обзор отрасли грузоперевозок в России 2019 год. URL: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/eytransportation-services-2019-rus/\\$FILE/ey-transportation-services-2019-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/eytransportation-services-2019-rus/$FILE/ey-transportation-services-2019-rus.pdf) (дата обращения 03.10.2020).
2. Грузовые перевозки в России: обзор текущей статистики // Бюл. о текущих тенденциях российской экономики. 2019. № 53 URL: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/24196.pdf> (дата обращения 12.10.2020).
3. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года: утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 19 марта 2019 г. № 466-р. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320741/ (дата обращения 03.10.2020).
4. Технологический процесс работы диспетчерского центра управления перевозками Восточно-Сибирской дирекции управления движением: распоряжение первого заместителя начальника Восточно-Сибирской железной дороги № 1017р от 9 ноября 2016 г. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 10.10.2020).
5. Единый технологический процесс Восточно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД»: распоряжением первого заместителя начальника Восточно-Сибирской железной дороги № ВСЖД-433р от 2 мая 2017 г. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 05.10.2020).
6. Типовой технологический процесс работы грузовой и межгосударственной передаточной станции ОАО «РЖД»: распоряжение ОАО «РЖД» № 2829р от 1 декабря 2015 г. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 08.10.2020).
7. Технология управления тяговыми ресурсами на Восточном полигоне, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» № 2014р от 3 октября 2017 г. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 10.10.2020).
8. РЖД в цифрах ОАО «РЖД» // www.rzd.ru : сайт. URL: https://www.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=5232 (дата обращения 20.05.2020).
9. Единый технологический процесс работы Восточного полигона, утверждённый распоряжением ОАО «РЖД» № 574р от 27 сентября 2016 г. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 09.10.2020).
10. Единый сетевой технологический процесс железнодорожных грузовых перевозок, утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» от 28 декабря 2012 г. № 2786р. URL: <http://base.garant.ru> (дата обращения: 12.10.2020).
11. Нормативный график движения поездов на 2018-2019 гг. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 03.10.2020). Единая интеллектуальная система управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте. URL: <http://www.vniias.ru/isuzht> (дата обращения: 12.10.2020).
12. Служебное расписание грузовых и пассажирских поездов по Восточно-Сибирской железной дороге для графика движения поездов на 2018–2019 гг. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 09.10.2020).
13. План формирования грузовых поездов на Восточно-Сибирской железной дороге на 2018–2019 гг. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 03.10.2020).
14. Инструкция по оперативному планированию поездной и грузовой работы в ОАО «РЖД», утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» 16.07.2012 № 1415р. URL: <https://gkrfkod.ru/zakonodatelstvo/rasporjzhenie-oao-rzhd-ot-16072012-p-1415r/> (дата обращения: 03.10.2020).
15. Единая интеллектуальная система управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте. URL: <http://www.vniias.ru/isuzht> (дата обращения: 12.10.2020).
16. Техническо-распорядительный акт железнодорожной станции Нижнеудинск Восточно-Сибирской железной дороги (утвержден и введен в действие начальником Восточно-Сибирской дирекции управления движением 1 июля 2017 г.). 380 с.
17. Технологический процесс работы железнодорожной станции Нижнеудинск Восточно-Сибирской железной дороги (утвержден и введен в действие начальником Восточно-Сибирской дирекции управления движением 13 июля 2016 г.). 350 с.
18. Типовой технологический процесс местной работы: распоряжение ОАО «РЖД» № 684р от 15 апреля 2016 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456060281> (дата обращения: 12.10.2020).

19. Положение о железнодорожной станции, утвержденное распоряжением ОАО «РЖД» от 31 мая 2011 г. № 1186р (в редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 28 января 2015 г. № 168р). URL: <http://docs.cntd.ru/document/%20902285883> (дата обращения: 09.10.2020).

20. Типовой технологический процесс работы пункта коммерческого осмотра вагонов в поездах, утвержденный МПС России 18 марта 2001 г., с дополнениями в части организации работы КПБ, утвержденными ОАО «РЖД» 16 октября 2007 г. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 05.10.2020).

21. Порядок разработки, согласования и утверждения в ОАО «РЖД» Инструкции о порядке обслуживания и организации движения на железнодорожном пути необщего пользования, утвержденный распоряжением ОАО «РЖД» от 23 декабря 2013 г. № 2859р. Официальный сайт Восточно-Сибирской железной дороги – филиала РЖД. URL: <http://vszd.rzd.ru> (дата обращения: 10.10.2020).

References

1. Obzor otrasli gruzoperevozk v Rossii 2019 god [Overview of the freight industry in Russia in 2019] [Electronic media]. URL: [https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/eytransportation-services-2019-rus/\\$FILE/ey-transportation-services-2019-rus.pdf](https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/eytransportation-services-2019-rus/$FILE/ey-transportation-services-2019-rus.pdf) (Accessed: October 03, 2020).

2. Gruzovye perevozki v Rossii: obzor tekushchei statistiki [Freight transport in Russia: an overview of current statistics] Byul. o tekushchikh tendentsiyakh rossiiskoi ekonomiki [Bul. about the current trends in the Russian economy], 2019. No. 53 [Electronic media]. URL: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/24196.pdf> (Accessed: December 10, 2020).

3. Dolgosrochnaya programma razvitiya otkrytogo aktsionernogo obshchestva «Rossiiskie zheleznye dorogi» do 2025 goda: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Ros. Federatsii ot 19 marta 2019 g. No. 466-r [Long-term development program of the open joint stock company “Russian Railways” until 2025: approved by order of the Government Ros. Federation of March 19, 2019 No. 466-r [Electronic media]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320741/ (Accessed: March 10, 2020).

4. Tekhnologicheskii protsess raboty dispetcherskogo tsentra upravleniya perevozkami Vostochno-Sibirskoi direksii upravleniya dvizheniem: rasporyazhenie pervogo zamestitelya nachal'nika Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi No. 1017r ot 9 noyabrya 2016 g. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Technological process of the operation of the traffic control dispatch center of the East Siberian Directorate of Traffic Control: order of the First Deputy Head of the East Siberian Railway No. 1017r dated November 9, 2016. Official website of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 10, 2020).

5. Edinyi tekhnologicheskii protsess Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala ОАО «RZhD»: rasporyazheniem pervogo zamestitelya nachal'nika Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi No. VSZhD-433r ot 2 maya 2017 g. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Unified technological process of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways: by order of the First Deputy Head of the East Siberian Railway No. VSZhD-433r dated May 2, 2017. Official site of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 05, 2020).

6. Tipovoi tekhnologicheskii protsess raboty gruzovoi i mezhgosudarstvennoi peredatochnoi stantsii ОАО «RZhD»: rasporyazhenie ОАО «RZhD» No. 2829r ot 1 dekabrya 2015 g. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Typical technological process of operation of a freight and interstate transfer station of JSC Russian Railways: order of Russian Railways ОАО No. 2829r dated December 1, 2015. Official website of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: August 10, 2020).

7. Tekhnologiya upravleniya tyagovymi resursami na Vostochnom poligone, utverzhennaya rasporyazheniem ОАО «RZhD» № 2014r ot 3 oktyabrya 2017 g. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [A technology for managing traction resources at the Eastern range, approved by order of Russian Railways ОАО No. 2014r dated October 3, 2017. Official website of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 10, 2020).

8. RZhD v tsifrah ОАО «RZhD» [Russian Railways in Figures of “Russian Railways” ОАО] [Electronic media]. URL: https://www.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=5232 (Accessed: May 05, 2020).

9. Edinyi tekhnologicheskii protsess raboty Vostochnogo poligona, utverzhenniy rasporyazheniem ОАО «RZhD» № 574r ot 27 sentyabrya 2016 g. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Unified technological process of the Eastern polygon, approved by order of Russian Railways ОАО No. 574r dated September 27, 2016. Official website of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 09, 2020).

10. Edinyi setevoi tekhnologicheskii protsess zheleznodorozhnykh gruzovykh perevozk, utverzhenniy rasporyazheniem ОАО «RZhD» ot 28 dekabrya 2012 g. № 2786r [Unified network technological process of rail freight traffic, approved by the order of JSC “Russian Railways” dated December 28, 2012. No. 2786r] [Electronic media]. URL: <http://base.garant.ru> (Accessed: October 12, 2020).

11. Normativnyi grafik dvizheniya poezdov na 2018–2019 gg. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Normative train schedule for 2018–2019. Official website of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 03, 2020). Edinaya intellektual'naya sistema upravleniya i avtomatizatsii proizvodstvennykh protsessov na zheleznodorozhnom transporte [Unified intelligent system for control and automation of production processes in railway transport] [Electronic media]. URL: <http://www.vnias.ru/isuzht> (Accessed: December 10, 2020).

12. Sluzhebnoi raspisanie gruzovykh i passazhirskikh poezdov po Vostochno-Sibirskoi zheleznoi doroge dlya grafika dvizheniya poezdov na 2018–2019 gg. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Service schedule of freight and passenger trains on the East Siberian Railway for the train schedule for 2018–2019. Official website of the East Siberian Railway – a branch of the Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 09, 2020).

13. Plan formirovaniya gruzovykh poezdov na Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi na 2018–2019 gg. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Plan for the formation of freight trains on the East Siberian Railway for 2018–2019. Official site of the East Siberian Railway – a branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 03, 2020).

14. Instruksiya po operativnomu planirovaniyu poezdnoi i gruzovoi raboty v OAO «RZhD», utverzhennaya rasporyazheniem OAO «RZhD» 16.07.2012 No. 1415r. [Instructions for the operational planning of train and cargo operations at Russian Railways, approved by order of Russian Railways on July 16, 2012. No. 1415r] [Electronic media]. URL: <https://gkrfkod.ru/zakonodatelstvo/rasporjzhenie-oao-rzhd-ot-16072012-n-1415r> (Accessed: October 03, 2020).

15. Edinaya intellektual'naya sistema upravleniya i avtomatizatsii proizvodstvennykh protsessov na zheleznodorozhnom transporte [Unified intelligent system for control and automation of production processes in railway transport] [Electronic media]. URL: <http://www.vniias.ru/isuzht> (Accessed: October 12, 2020).

16. Tekhnicheskoe rasporyaditel'nyi akt zheleznodorozhnoi stantsii Nizhneudinsk Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi (utverzhen i vveden v deistvie nachal'nikom Vostochno-Sibirskoi direksii upravleniya dvizheniem 1 iyulya 2017 g.). 380 s. [Technical and administrative act of the railway station Nizhneudinsk of the East Siberian railway (approved and put into effect by the head of the East Siberian traffic management directorate on July 1, 2017), 380 p.].

17. Tekhnologicheskii protsess raboty zheleznodorozhnoi stantsii Nizhneudinsk Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi (utverzhen i vveden v deistvie nachal'nikom Vostochno-Sibirskoi direksii upravleniya dvizheniem 13 iyulya 2016 g.). 350 s. [Technological process of the Nizhneudinsk railway station of the East Siberian railway (approved and put into effect by the head of the East Siberian traffic management directorate on July 13, 2016), 350 p.].

18. Tipovoi tekhnologicheskii protsess mestnoi raboty: rasporyazhenie OAO «RZhD» № 684r ot 15 aprelya 2016 g. [Typical technological process of local work: order of “Russian Railways” OAO. No. 684r dated April 15, 2016] [Electronic media]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456060281> (Accessed: October 12, 2020).

19. Polozhenie o zheleznodorozhnoi stantsii, utverzhdennoe rasporyazheniem OAO «RZhD» ot 31 maya 2011 g. № 1186r (v redaktsii rasporyazheniya OAO «RZhD» ot 28 yanvarya 2015 g. № 168r). [Regulations on the railway station, approved by the order of JSC “Russian Railways” dated 31.05.2011. No. 1186r (as amended by the order of “Russian Railways” OAO dated 28.01.2015 No. 168r)] [Electronic media]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/%20902285883> (Accessed: October 09, 2020).

20. Tipovoi tekhnologicheskii protsess raboty punkta kommercheskogo osmotra vagonov v poezdakh, utverzhennymi MPS Rossii 18 marta 2001 g., s dopolneniyami v chasti organizatsii raboty KPB, utverzhennymi OAO «RZhD» 16 oktyabrya 2007 g. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [Typical technological process of work of the point of commercial inspection of wagons in trains, approved by the Ministry of Railways of Russia on March 18, 2001, with additions in terms of organizing the work of the CPB, approved by Russian Railways on October 16, 2007. Official website of the East Siberian Railway – branch of Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 05, 2020).

21. Poryadok razrabotki, soglasovaniya i utverzheniya v OAO «RZhD» Instruksii o poryadke obsluzhivaniya i organizatsii dvizheniya na zheleznodorozhnom puti neobshchego pol'zovaniya, utverzhennymi rasporyazheniem OAO «RZhD» ot 23 dekabrnya 2013 g. No. 2859r. Ofitsial'nyi sait Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi – filiala RZhD [The procedure for the development, approval and approval by JSC “Russian Railways” of Instructions on the procedure for servicing and organizing traffic on a non-public railway track, approved by order of JSC “Russian Railways” dated December 23, 2013. No. 2859r. Official website of the East Siberian Railway – branch of the Russian Railways] [Electronic media]. URL: <http://vszd.rzd.ru> (Accessed: October 10, 2020).

Информация об авторах

Чубарова Ирина Александровна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ia7chubarova@gmail.com

Гончарова Наталья Юрьевна – канд. пед. наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: gonnataly@mail.ru

Information about the authors

Irina A. Chubarova – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor, Department of Managing Exploitation Work, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ia7chubarova@gmail.com

Natalya Yu. Goncharova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Operations Management, Irkutsk State University of Railways, Irkutsk, e-mail: gonnataly@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.4(68).150-158

УДК 629.423

Теоретические исследования особенностей моделирования процесса фрикционного торможения поездов

П. Ю. Иванов, Е. Ю. Дульский, А. А. Хамнаева, А. А. Корсун✉

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

✉ korsunanton1998@gmail.com