

А. А. Савельева<sup>1</sup>, О.И. Залогова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИИ ПРОПУСКА Поездов ВО ВРЕМЯ ПЕРЕРЫВОВ В ДВИЖЕНИИ

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос разработки оптимальной технологии пропуска грузовых и пассажирских поездов на двухпутных линиях во время проведения ремонта пути. Исследованы факторы, влияющие на пропускную способность линии и принятие решения по эффективной организации перевозочного процесса. Проведено исследование динамики изменения наличной пропускной способности, в зависимости от применения различных схем пропуска поездов по участку. В работе предложены мероприятия, позволяющие улучшить качество организации перевозок во время закрытия одного пути. В зависимости от периода графика, размеров движения и продолжительности «окна» рассмотрен характер изменения задержек поездов на станциях при использовании различных мероприятий. Проведенное исследование показало, что изменение способов организации перевозочного процесса, оказывает значительное влияние на количество поездов, пропускаемых по ремонтируемому перегону и в целом на устойчивую работу всего участка.

**Ключевые слова:** ремонт инфраструктуры, размеры движения, пропускная способность, путевого пост, пакетный график, соединенные поезда

А. А. Savelieva<sup>1</sup>, O. I. Zalogova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

## DETERMINATION OF THE TECHNOLOGY FOR PASSING TRAINS OPTIMAL VARIANT DURING STOP IN THE OPERATION

**Abstract.** The article considers the issue of developing an optimal technology for passing freight and passenger trains on double-track lines during track repair time. The factors influencing the capacity of the line and the decision-making on the effective organization of the transportation process are investigated. A study of the dynamics of changes in the available train-handling capacity, depending on the application of various schemes for passing trains along the section. The paper suggests measures to improve the quality of transportation organization during the one track closure. Depending on the train schedule period, the amount of traffic and the duration of the break in train schedule, the nature of the change in train movement delays at stations when various actions are using. The conducted research has shown that the change in the ways of organizing the transportation process has a significant influence on the quantity of trains passing through the repaired station-to-station block and on the stable operation of the entire section in general.

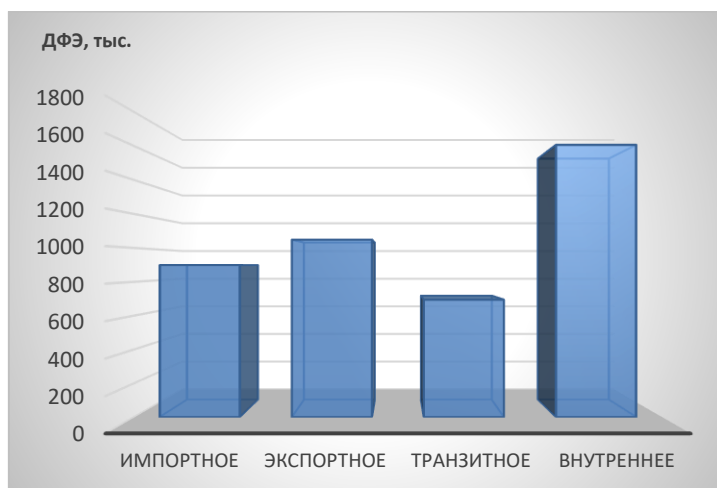
**Keywords:** infrastructure repair, the amount of traffic, train-handling capacity, track office, batch time-table, linked trains

### Введение

Приоритетной задачей в работе железных дорог Российской Федерации является повышение безопасности движения поездов. Значительное влияние на уровень безопасности оказывает техническое состояние инфраструктуры. Постоянный рост объемов перевозок приводит к повышению уровня загрузки технических устройств, их интенсивному использованию и износу, что в свою очередь вызывает отказы в работе и оказывает негативное влияние на весь перевозочный процесс.

В 2020 году, несмотря на неблагоприятную обстановку, ОАО «РЖД» достигло высоких показателей по перевозкам грузов: скорость доставки грузеных отправок достигла 439,4 км в сутки и увеличилась на 11,4%. Произошло увеличение размеров контейнерных перевозок. Среднесуточные перевозки по сети составили 500 поездов, в сумме за год было перевезено 5,8 млн контейнеров. За 8 месяцев 2021 года во всех видах сообщения эта цифра составила 4 млн 248 тыс. грузеных и порожних контейнеров ДФЭ (TEU), что на 13,9% больше, чем за аналогичный период предыдущего года [1]. Увеличение произошло по всем видам сообще-

ния: в импортном на 15,9 %, в экспортном 9,4%, в транзитном в 1,4 раза, во внутреннем сообщении на 6,4%, (рис.1)



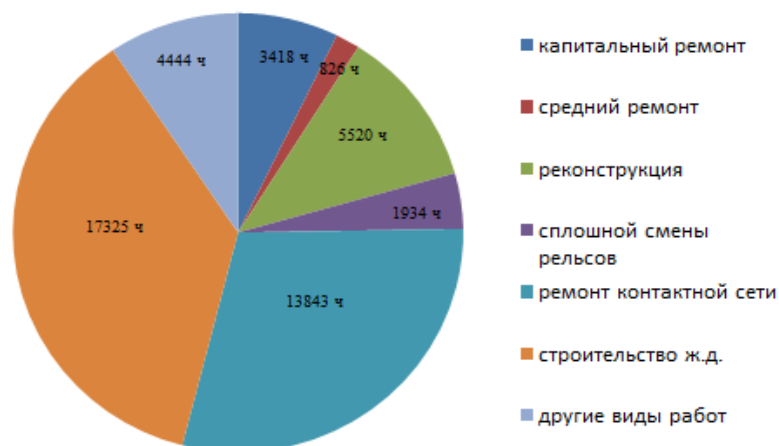
Источник: составлено автором

**Рис.1. Размеры контейнерных перевозок по видам сообщения**

Практика работы транспорта показывает, что производить ремонт инфраструктуры необходимо при любых размерах поездопотока в условиях непрерывающегося движения грузовых и пассажирских поездов. В связи с износом технических устройств железные дороги несут большие убытки, связанные с отказами, авариями и ограничениями скорости поездов, которые приводят к снижению пропускной и провозной способности направлений. Оптимизация затрат на техническое обслуживание с соблюдением высоких эксплуатационных показателей является важнейшим направлением деятельности ОАО «РЖД».

В целях обеспечения пропуска плановых вагонопотоков соответствующие Дирекции разрабатывают перспективные и оперативные планы ремонтных и строительно-монтажных работ, варианты графики движения поездов. В графике предусматриваются «окна» оптимальной продолжительности, обеспечивающие минимальные задержки поездов и максимальную выработку при условии выполнения заданного объема путевых работ.

Согласно плана ремонта инфраструктуры на всей сети железных дорог в октябре-декабре 2021 год планируется закрытие перегонов для ремонтных работ ОАО «РЖД» общей продолжительностью более 47 тысяч часов (рис.2).



Источник: составлено автором

**Рис.2. Продолжительность ремонта инфраструктуры ОАО «РЖД»**

На Восточно-Сибирской железной дороге в этот период производятся ремонты, требующие выделение «окон» общей продолжительностью 1571 час на следующих участках: сплошная замена рельсов на перегоне Зима-Делюр – 372 ч; ремонт контактной сети станции Слюдянка продолжительностью 192 ч, перегонов Кая-Гончарово – 24 ч, Мегет-Батарейная – 68 ч, Сохатый-Черная – 308 ч, Янталь-Лена – 5 ч; другие виды работ Таку-Балбухта – 190 ч, Дабан-Гоуджекит – 180 ч, Зима – 104 ч, Слюдянка1-Утулик – 32 ч, Байкальск-Выдрино – 32 ч; Тальцы-Онохой – 48 ч, Селега-Таловка – 16 ч. [2].

Поэтому актуальной задачей является обоснование и разработка оптимального варианта организации движения поездов в период перерывов в движении.

### Анализ факторов, влияющих на пропускную способность линии во время ремонта инфраструктуры

Решение проблемы следует начинать с определения факторов, влияющих на выбор оптимального варианта технологии пропуска поездов [3]. Для более точного понимания исследуемого процесса требуется установить связь между различными факторами и определить причинно-следственные связи с построением диаграммы Исикавы (рис.3).



Источник: составлено автором

Рис.3. Причинно-следственная диаграмма

Анализ диаграммы показал, что основное влияние на пропускную способность оказывают технологические факторы: виды ремонтных работ, продолжительность «окна», количество ПМС для одновременной работы, комплекс используемых машин, протяженность ремонтируемого участка. Данные факторы являются условно постоянными для определенного ремонта и обуславливают весь процесс организации «окна». Технические факторы и способы организации движения представляют собой переменные величины и оказывают значительное воздействие на принятие решения по организации пропуска поездов и пропускную способность линии.

### Выбор оптимального варианта организации движения поездов для повышения пропускной способности участка во время производства «окон»

Основой организации процесса перевозок во время проведения ремонта инфраструктуры является график движения поездов, который объединяет и регулирует деятельность всех подразделений, участвующих в ремонте и дает возможность осуществить взаимодействие между ними. В целях эффективного проведения плановых ремонтных работ разрабатывается вариантный график, в котором предусматриваются перерывы в движении по отдельным путям перегона или по перегону в целом. Данный график должен обеспечивать пропуск задан-

ных размеров движения в рассматриваемый период, продвижение хозяйственных поездов к месту работ и обратно на производственную базу.

Выделение «окон» значительно снижает пропускную способность линий, так как в связи с закрытием одного пути на перегоне двухпутная линия начинает функционировать, как однопутная и по одному оставшемуся главному пути организуется пропуск поездов встречных направлений. На однопутных линиях движение прекращается полностью.

С целью повышения использования пропускной способности и уменьшения простоев поездов в период предоставления «окон» применяются различные организационно-технические мероприятия [4]. В исследовании рассмотрены некоторые из них в зависимости от технического оснащения участка, продолжительности перерыва в движении, количества путей на станциях участка, размеров движения, способа организации пропуска поездов.

В работе проанализированы следующие мероприятия:

- пропуск поездов пакетным способом;
- формирование соединенных поездов;
- изменение расписания движения пассажирских поездов;
- укладка временных стрелочных съездов между главными путями на перегоне;
- организация однопутного движения поездов только на части перегона за счет открытия временных путевых постов.

Характер изменения возможных значений пропускной способности при проведении различных мероприятий зависит от размеров движения, периода графика и времени закрытия перегона. В работе был произведен расчет наличной пропускной способности ограничивающего перегона в зависимости от рассматриваемого мероприятия и разработаны варианты графики движения поездов [5]. Время перерывов в движении принималось от 10 до 24 часов, плановые размеры поездопотоков составили 45 - 90 пар грузовых поездов в сутки. Задача выбора оптимальной технологии организации пропуска поездов решается на основании следующих исходных данных:

- времени хода поездов в четном и нечетном направлениях;
- времени на разгон и замедление;
- интервалов между поездами;
- количества приемо-отправочных путей на станциях;
- коэффициентов съема;
- количества поездов в пакете;
- коэффициентов пакетности.

Целесообразность выбора того или иного мероприятия определяется необходимостью пропуска заданных объемов перевозок и выполнения эксплуатационных показателей работы дороги. Организация двухстороннего пакетного движения является основным способом увеличения пропускной способности в период «окна» и зависит от количества поездов в пакете и интенсивности подхода поездов к ремонтируемому участку. Увеличение коэффициента пакетности значительно уменьшает задержки поездов на станциях и время на восстановление движения после окончания работ. Исследование показало, что применение пакетного графика при размерах движения до 45 пар поездов и продолжительностью «окна» не более 12 часов обеспечивает заданные объемы перевозок, но с увеличением продолжительности ремонта поездо-часы простоя на станциях возрастают в 3,3 раза. По каждому варианту разрабатывался альтернативный график движения, на котором максимальное количество поездов в некоторых пакетах возрастало до десяти.

Формирование соединенных поездов позволяет повысить провозную способность участка, поскольку на одну графиковую нитку следует два поезда [6]. Соединение и разъединение поездов происходит во время следования встречного направления, поэтому не вызывает значительных помех в движении. С другой стороны, вождение таких поездов требует специально обученных и обкатанных локомотивных бригад, что является недостатком данного мероприятия. Эффективность использования сдвоенных поездов повышается с увеличением количества грузовых поездов до 65 пар в сутки, при этом сохраняется двухстороннее

пакетное движение. Проведенное исследование влияния количества соединенных поездов в пакете на пропускную способность показало, что по условиям системы электроснабжения целесообразно отправлять их в пакете первым и четвертым. Сдваивание поездов позволило увеличить пропускную способность на 7,5% и уменьшить простои на станциях на 4%.

Пассажи́рские поезда должны пропускаться строго по расписанию независимо от возникающих ситуаций, что вызывает задержки грузовых поездов на станциях и влияет на способ организации движения. Происходит замена пакетного графика на частично-пакетный. Применение этого графика в настоящее время не актуально, так как опыт Восточно– Сибирской железной дороги показывает, что он не обеспечивает заданные объемы перевозок. В работе проведена проверка влияния пассажирского движения на задержки грузовых поездов при предоставлении «окна». С повышением заполнения пропускной способности действенным способом является изменение расписания следования пассажирских поездов. Благодаря рациональной прокладке уменьшился коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими, увеличился коэффициент пакетности графика, появился резерв времени для пропуска грузовых поездов и повысилась пропускная способность на 9,6%.

Большие по продолжительности «окна» и увеличение количества грузовых поездов больше 65 пар требуют применения всех выше перечисленных мероприятий и введения дополнительных мер – открытие временных путевых постов с укладкой стрелочных съездов между главными путями на перегоне. Данный способ организации позволяет значительно сократить период графика и установить однопутное движение только на части участка за счет скрещения встречных поездов не на станциях, а на перегоне. В этом случае появляется возможность пропустить на 14% поездов больше, но требуется проведения двух дополнительных «окон» для укладки и демонтажа стрелочных переводов.

### **Заключение**

Комплексная технология организации движения поездов во время проведения ремонтных работ является многовариантной задачей и зависит от многих факторов. Проведенный факторный анализ позволил выявить и оценить элементы, оказывающие основное влияние на пропускную способность линии и способы организации пропуска поездов в зависимости от мощности поездопотоков, продолжительности «окна» и применяемого мероприятия. За счет применения наиболее рациональной схемы пропуска поездов по перегону появляется возможность увеличить размеры поездопотоков без значительных затрат. Применение оптимальной технологии организации пропуска поездов позволяет значительно улучшить эффективность работы железных дорог и снизить производственные издержки.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Перевозки контейнеров по сети РЖД выросли на 14% в январе-августе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cargo.rzd.ru/ru/9514/page/3104?id=266261> (дата обращения: 11.10.2021).
2. Об ограничении пропускных способностей инфраструктуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cargo.rzd.ru/ru/9784/page/103290?id=11264#main-header> (дата обращения: 13.10.2021).
3. Басовский Л. Е., Протасьев В. Б. Управление качеством. М.: ИНФРА, 2001. 212 с.
4. Инструкция «О порядке планирования, разработки, предоставления и использования технологических «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на Восточно-Сибирской железной дороге» от 4 мая 2019 г. № ВСЖД-130 в редакции от 31.03. 2021
5. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД», утв.10.11.2010 г.№ 128. – М.: Техинформ, 2011. – 289 с.
6. Инструкция по организации обращения грузовых соединенных поездов и поездов повышенной массы и длины на Восточно-Сибирской железной дороге от 21.11. 2016, №315 – 38 с.

## REFERENCES

1. Available at: <https://cargo.rzd.ru/ru/9514/page/3104?id=266261>(accessed 11 October 2021).
2. Available at: <https://cargo.rzd.ru/ru/9784/page/103290?id=11264#main-header> (accessed 13 October 2021).
3. Basovskiy L.E., Protasyev V. B. Upravlenie kachestvom [Quality Management]. Moscow, INFRA., 2001, 212 p
4. O porjadke planirovaniya, razrabotki, predostavleniya i ispol'zovaniya tehnologicheskikh «okon» dlja remontnyh i stroitel'no-montazhnyh rabot na Vostochno-Sibirskoj zheleznoj doroге [On the procedure for planning, development, provision and use of technological «windows» for repair and construction and installation work on the East Siberian Railway] instructions dated May 4, 2019 No. VSZD-130 as amended on 31.03. 2021
5. Instrukcija po raschetu nalichnoj propusknoj sposobnosti zheleznyh dorog OAO «RZhD» [Instructions for calculating the cash flow capacity of railways Russian Railways], approved 10.11.2010, No. 128. – M.: Techninform, 2011. – 289 p.
6. Instrukcija po organizacii obrashheniya gruzovyh soedinennyh poezdov i poezdov povyshennoj massy i dliny na Vostochno-Sibirskoj zheleznoj doroге [Instructions for organizing the circulation of freight connected trains and trains of increased weight and length on the East Siberian railway] from 21.11. 2016, no. 315–38 p.

## Информация об авторах

*Савельева Анастасия Андреевна* - студентка группы ЭЖД. 1-17-3, факультета «Управление на транспорте и информационные технологии», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [n\\_sirena\\_2014@mail.ru](mailto:n_sirena_2014@mail.ru)

*Залогова Ольга Ивановна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [Zalogova\\_OI@irgups.ru](mailto:Zalogova_OI@irgups.ru)

## Authors

*Anastasia Andreevna Savelieva* – student group EZD. 1-17-3, Faculty of Transport Management and Information Technology, Irkutsk State Transport University, Irkutsk.

*Olga Ivanovna Zalogova* – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, the Subdepartment of "Operational Work Management", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [Zalogova\\_OI@irgups.ru](mailto:Zalogova_OI@irgups.ru).

## Для цитирования

Савельева А. А. Определение оптимального варианта технологии пропуска поездов во время перерывов в движении [Электронный ресурс] / А. А. Савельева, О. И. Залогова // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №3 (13). — Режим доступа: <http://ojs.irgups.ru/index.php/mns/issue/view/35>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 06.12.2021)

## For citation

Savelieva A. A., Zalogova O. I. *Opredeleniye optimal'nogo varianta tekhnologii propuska poyezdov vo vremya pereryvov v dvizhenii* [Determination of the technology for passing trains optimal variant during stops in the operation] *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 3(13). [Accessed 06/12/21]