

П.В.Перфильева¹, О.И. Залогова¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СОЕДИНЕННЫХ ПОЕЗДОВ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ СТАНЦИИ

Аннотация. В статье проведено исследование влияния формирования соединенных поездов на пропускную способность и эксплуатационные показатели работы станции в условиях возрастания объемов перевозок. Произведен расчет пропускной способности сортировочной станции по горловинам и приемо-отправочным путям парков, выявлены лимитирующие элементы в работе с соединенными поездами. Выполнен сравнительный анализ двух вариантов работы станции по экономическим показателям и сделан вывод о об убыточности формирования соединенных поездов на станции в данных условиях. Проанализированы основные современные разработки по вопросу пропуска соединенных поездов. Изучен зарубежный опыт применения систем интервального регулирования поездов, позволяющих выполнять безостановочное формирование и расформирование соединенных поездов. Рассмотрены инновационные варианты формирования поездов, позволяющие увеличить пропускную способность и повысить эффективность вождения соединенных грузовых поездов.

Ключевые слова: соединенные поезда, горловина, парки, пропускная способность, показатели работы станции, «виртуальная автосцепка».

P.V. Perfileva¹, O. I. Zalogova¹

¹Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

INFLUENCE OF LINKED TRAINS FORMATION ON TERMINAL CAPACITY

Abstract. The article studies the influence of the formation of linked trains on capacity and operational performance indicators of the station in conditions of increasing traffic volumes. The calculation of the capacity of the classification yard along the yard necks and receiving-and-departure tracks of the yard was made, and the limiting elements in working with linked trains were identified. A comparative analysis of two variants of the station's operation by economic indicators is performed and the conclusion about the unprofitability of forming linked trains at the station in these conditions is made. The main modern developments on the issue of passing linked trains are analyzed. Foreign experience of using interval train control systems that allow performing non-stop formation and disbandment of linked trains is studied. Innovative options for forming trains that allow increasing the capacity and raising the driving efficiency of linked freight trains are considered.

Keywords: linked trains, neck, parks, capacity, station performance indicators, "virtual automatic coupling".

Введение

Актуальным направлением совершенствования эксплуатационной работы в настоящий момент является организация тяжеловесного и длинносоставного движения. На протяжении последнего десятилетия на отечественных и зарубежных дорогах максимальное внимание уделяется вопросам увеличения средней массы и длины грузового поезда. Эффективным инструментом для решения этого вопроса становится формирование соединённых поездов, позволяющих увеличивать провозную способность и создавать резерв пропускной способности участков [1]. Показатель формирования таких поездов с каждым годом растёт, особенно в период ремонтно-путевой кампании. С другой стороны, длинносоставные грузовые поезда по длине значительно превышают полезную длину приёмо-отправочных путей на отдельных пунктах, что оказывает негативное влияние на эксплуатационную работу станций. Формирование соединенных поездов усугубляет данную ситуацию. Поэтому в настоящее время возникает вопрос оптимального использования пропускных способностей станций.

Определение пропускной способности станции

В работе проведено исследование влияния формирования соединенных поездов на пропускную способность и эксплуатационные показатели работы станции в условиях пропуска повышенного числа поездов. Станция формирует длинносоставные поезда в четном и

нечетном направлениях, отправление их осуществляется по жестким ниткам графика движения поездов. В данный момент на станции отсутствуют приемо-отправочные пути, удовлетворяющих требованиям для приема соединенных поездов. Организация работы с поездами, превышающими вместимость приемо-отправочных путей осуществляется в соответствии с местной "Инструкцией по приему, отправлению и пропуску поездов и маневровой работе с поездами повышенной длины, соединенными, длинносоставными и поездами, превышающими вместимость приемо-отправочных путей на станции". Продолжительность формирования - расформирования соединенных поездов составляет 38 мин. и регламентируется разработанными технологическими графиками учета времени на выполнения операций.

В качестве объекта исследования принята четная система двухсторонней сортировочной станции, со следующими исходными параметрами: парк приема, два приемо-отправочных парка, сортировочный парк, централизованные стрелки, автоматизированная сортировочная горка.

Расчет пропускной способности горловин и приемо-отправочных путей при формировании грузовых поездов нормативной длины и массы и соединенных производился на основе технико-распорядительного акта, технических норм и технологического процесса работы станции [2]. Определение пропускной способности горловин выполнялось с учетом коэффициента использования:

$$K = \frac{T}{\alpha_z \cdot 1440 - T_{z/noc}}, \quad (1)$$

где T – время занятия горловины всеми операциями, в соответствии с технологическим процессом работы отдельного пункта в течение суток, мин;

$T_{z/noc}$ – продолжительность занятия расчётного элемента текущим обслуживанием, постоянными операциями, ремонтом, снегоуборкой, мин;

α_z – коэффициент, учитывающий враждебные передвижения.

В работе был произведен расчет горловин с максимальной поездной и маневровой работой. Для нахождения пропускной способности горловины была разделена на отдельные элементы, а затем определено общее всех предусмотренных операций за сутки по каждому элементу:

$$T = \sum \tau_i n_i (1 + p_r), \quad (2)$$

где τ_i – время занятия маршрута одной операцией, мин;

p_r – коэффициент отказа устройств;

n_i – число операций по маршруту: прием и отправление поездов, маневровые передвижения, подача и уборка поездных локомотивов.

Каждый элемент включает в себя группу работающих совместно стрелочных переводов, занятие одного из них любым передвижением не позволяет одновременно использовать другие переводы для передвижений. Расчет пропускной способности системы производился по следующим горловинам: центральной, западной парка приема, восточной сортировочного парка, восточной приемо-отправочного парка. Результаты расчета коэффициента использования горловин при работе с грузовыми поездами нормативной длины и соединенными, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициента использования горловин

Формирование грузовых поездов	Горловины			
	центральная	западная сторона парка приема	восточная сторона сортировочного парка	восточная сторона приемо-отправочного парка
нормативной длины	0,86	0,7	0,73	0,8
соединенных	0,88	0,71	0,79	0,91

Анализ загрузки горловин показал, что формирование соединенных поездов оказывает негативное влияние на все горловины, особенно коэффициент использования увеличился в восточной стороне приемо-отправочного парка. Это связано с тем, что при соединении занимает главный путь и перекрывается восточная горловина.

В работе была определена пропускная способность путей парка приема и двух приемо-отправочных. Пути предгорочного парка специализированы для обработки четных поездов с переработкой, на путях приемо-отправочных парков обрабатываются транзитные поезда и своего формирования после выставления их из сортировочного парка.

Расчет производился исходя из коэффициента использования имеющийся мощности путей:

$$K = \frac{T}{\alpha \beta \cdot 1440m - \sum T_{пост}^{np}}, \quad (3)$$

где T – время занятия приемо-отправочных путей согласно технологического процесса, операциями с грузовыми поездами, зависящими от специализации путей и размеров движения для рассчитываемого парка, мин;

α – коэффициент, учитывающий занятость путей пассажирскими и сборными поездами;

β – коэффициент, определяемый при расчете сортировочных станций для приемных и отправочных парков в зависимости от числа пассажирских поездов и коэффициента α ;

m – количество путей в парках;

$\sum T_{пост}^{np}$ – время занятия путей в течение суток, грузовыми поездами и выполнением прочих постоянных операций, которые не изменяются пропорционально размерам движения, плановыми видами ремонта, работами по текущему обслуживанию и снегоуборке, мин.

Результаты расчета пропускной способности парков при работе с грузовыми поездами нормативной длины и соединенными, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Пропускная способность парков

Формирование грузовых поездов	Парки		
	приема	приемо-отправочный 2	приемо-отправочный 4
нормативной длины (число поездов)	80	60	182
соединенных (число поездов)	79	55	164

Исходя из проведенных расчетов можно сделать вывод, что наличная пропускная способность в парках уменьшилась, особенно в приемо-отправочном 4, но емкость данных устройств обеспечивает заданные объемы перевозок и в сравнении с потребной пропускной способностью имеется резерв. Таким образом, можно сделать вывод, что лимитирующими элементами в работе станции с соединенными поездами являются горловины.

Оценка проведенных расчетов наличной пропускной способности была выполнена графическим методом. Построены суточные планы-графики работы станции, анализ которых наглядно показал, что эксплуатационные показатели при формировании соединенных поез-

дов стали значительно хуже. Увеличились значения таких показателей, как простой транзитного вагона с переработкой на 7,5%, без переработки 12,17%, простой местного вагона 5,8%, рабочего парка вагонов 2,3%. В результате уменьшился вагонооборот станции на 1,1%. Это связано с тем, что при формировании соединенных поездов увеличивалась продолжительность занятости горловин, что вызывало трудности в отправлении поездов других категорий и способствовало в свою очередь ухудшению показателей работы станции. Проанализировав показатели работы станции при формировании соединенных поездов, а также работу станции без формирования поездов приходим к выводу, что простой вагонов в результате формирования соединенных поездов в среднем увеличился на 8,47%.

Экономическое сравнение вариантов производилось по методике, изложенной в [4]:

$$\mathcal{E}_{p-\phi} = 2(\sum N_{\phi i} t_{\phi i} + \sum N_{pi} t_{pi})(C_{ин} + C_{л-ч} + C_{б-ч}), \quad (4)$$

где $\sum N_{\phi i}$, $\sum N_{pi}$ – суммарное количество формируемых и расформируемых соединенных поездов;

$t_{\phi i}$, t_{pi} – время формирования - расформирования, ч;

$C_{ин}$ – стоимость занятия инфраструктуры подвижным составом, руб. на 1 состав в час;

$C_{л-ч}$, $C_{б-ч}$ – стоимость простоя локомотива и локомотивной бригады, руб. на 1 единицу в час.

На основании проведенных экономических расчетов можно сделать вывод, что формирование соединенных поездов убыточно, общий экономический ущерб составил более 9,4 руб./год. Для эффективного формирования таких поездов станция должна располагать путевым развитием, дающим возможность производить соединение - разъединение поездов без занятия горловин, иначе возникнут дополнительные задержки по отправлению и приему поездов, а также по маневровой работе. Для решения данной проблемы требуется проведение реконструктивных мер, что является дорогостоящим и длительным по времени мероприятием. Следует также учитывать, что многие технические станции зажаты городскими строениями и не имеют возможности для проведения реконструкции. В связи с этим нужны более эффективные технические и технологические решения, позволяющие осуществлять расформирование и формирование соединенных поездов.

Безостановочное формирование соединенных поездов

Одним из альтернативных вариантов является безостановочное формирование соединенных поездов с применением интервального регулирования движения поездов. В США на железных дорогах компании BNSF Railway применяется система управления движением поездов Positive Train Control (PTC) с использованием беспроводной системы передачи информации. PTC – это технология, которая накладывается на существующее оборудование и программное обеспечение поездов. Поезд получает информацию о безопасном движении, скорости следования и своем местонахождении. Основная концепция PTC заключается в гарантировании безопасности и эффективности движения поездов с использованием GPS-навигации для отслеживания следования поездов [6]. В Германии, на основе радиоканала стандарта GSM-R используется система с цифровой передачей данных без напольных светофоров, которая позволяет развивать скорость движения до 300 км/ч. Система разработана совместно фирмой Carrier Com Deutschland GmbH и концерном Siemens [5].

Исходя из международного опыта, в АО «НИИАС» разрабатывается комплексная система управления и интервального регулирования движения поездов (СУИРД) четвертого поколения. Рассматривается вариант поэтапного внедрения новых технологий с использованием действующих совместно - традиционной системы управления движением поездов, системы интервального регулирования, основанной на базе автоматической автоблокировки, а также применение модификаций европейских систем управления движением поездов (ETCS), как варианта гибридных технологий. При этом в настоящий момент ставится задача использо-

вания локомотивов как с традиционными системами управления, так и с инновационными [7].

Главный принцип функционирования СУИРД - разделение двух попутно следующих поездов, с целью соблюдения безопасности движения, интервалом, достаточным для остановки поезда на необходимом расстоянии до начала рельсовой цепи, занятой поездом который идет впереди. Обеспечить выполнение данной задачи можно только при условии проведения динамического расчета скорости передвижения поездов, основываясь на постоянно получаемой информации о расположении и скорости движения впереди идущего транспорта. При этом скорость движения поезда регулируется не установленными вдоль пути светофорами, а координатами заднего вагона впереди идущего поезда.

Информация, передается по радиоканалам, что дает позволяет значительно уменьшить межпоездной интервал и выполнить формирование - расформирование соединенных поездов по ходу движения, при этом соблюдая требования безопасного движения поездов. Принцип «виртуальной сцепки (ВСЦ)» позволяет соединять поезда разных типов в один состав, а также динамически изменять их число. Принцип действия этой технологии в том, что попутно следующая группа поездов управляется как единый объект, части которого связаны при помощи радиоканала передачи данных, а не механически. Приоритетным направлением развития является организация системы радиосвязи между поездами. Благодаря использованию цифровых систем радиосвязи с локомотивами, реализация таких задач стала возможной. Для расцепления на ходу должна быть получена и использована информация об изменении межпоездных интервалов и скоростях разъезда поездов. В настоящее время технические средства дают возможность реализовать эту способность в системе интервального регулирования движения поездов [9].

В ОАО «РЖД» данная технология принимается как базовая и должна пройти стадию практической реализации. В настоящее время на участке Большой Луг – Слюдянка Восточно-Сибирской железной дороги ведется монтаж современной системы СУИРД, проект которой предусматривает переход на бессветофорную систему. Оборудование микропроцессорной централизации, размещенное на станциях, позволит передавать информацию о текущей поездной обстановке в кабину машиниста, который при управлении локомотивом будет руководствоваться расстоянием до впереди идущего состава. Новое оборудование позволит сократить временной промежуток попутного следования составов и увеличить пропускную способность этого горно-перевального участка [8].

Система интервального регулирования движения поездов (СИРДП-Е), созданная российскими предприятиями, успешно прошла апробацию на Улан-Баторской железной дороге (УБЖД), где была проведена масштабная модернизация 1111 км пути. Участок оборудовали инновационной системой радиоблокировки, которая построена на принципах подвижных блок-участков. Межпоездной интервал устанавливается на основе выполненного бортовыми системами безопасности (БСБ) расчёта возможностей торможения обоих поездов, учитывающего все параметры, включая скорость, профиль пути, технические возможности машины. Система помогает машинисту вести состав в оптимальном режиме исходя из данных об ограничениях по скорости, о местах производства работ, о неисправностях устройств инфраструктуры. Информация о координатах поезда и параметрах его движения автоматически передаётся в единый центр управления. Технически СИРДП-Е позволяет обеспечить интервал попутного следования на перегоне до 2 минут, повысить пропускную способность линии почти на 40% без обновления путевой инфраструктуры.

Заключение

Организация движения соединенных поездов в настоящий момент применяется как постоянная система эксплуатации участков. В связи с этим к путевому развитию станций, часть из которых должна иметь удлиненные пути, предъявляются особые требования. Поскольку существующие станции не создавались для использования данной технологии на постоянной основе, необходимо дополнительное развитие станций, проведение реконструктивных мероприятий.

Для решения данной проблемы, особенно относительно к линиям с высокой нагрузкой, требуется найти новые варианты усиления пропускной способности, и один из них - совершенствование системы сигнализации. В связи с этим наибольший интерес представляет разработка новых систем интервального регулирования движения поездов, позволяющих выполнять формирование - расформирование соединенных поездов безостановочно. Для большинства зарубежных стран важнейшей задачей является внедрение инновационных технологий с целью увеличения пропускной способности железных дорог и повышения надежности работы транспорта. В настоящее время на железных дорогах мира продолжает развиваться процесс расширения использования цифровых радиоканалов в системах ИРДП. Важно отметить, что данные системы в России считаются одним из наиболее эффективных способов организации пропуска вагонопотоков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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. https://www.google.com/search?ei=ON1QXtyCM_iFwPAPr9WigAY&q
2. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД», утв.10.11.2010 г.№ 128. – М.: Техинформ. – 2011. – 289 с.
3. Интервал назначает аппарататура <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1475850>
4. Климова Е.В. Методика оценки эффективности формирования и пропуска соединенных грузовых поездов на участках и полигонах железных дорог// Вестник Сиб. гос. ун-та путей сообщения. – 2015. – № 4. – С. 19-23
5. Erste signalfreie Fernverkehrsstrecke // Signal und Draht. – 2016. – № 1. – p. 68.
6. Positive Train Control. Leading the Way in PTC. <https://bnsf.com/in-the-community/safety-and-security/positive-train-control.page>
7. Розенберг Е.Н. Принципы построения систем управления и интервального регулирования движением поездов четвертого поколения// Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. – 2019 – С. 27–32.
8. РЖД. На ВСЖД внедряется новая технология движения поездов. https://vszd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=4069&refererLayerId=3941&referrerPageId=704&id=16995
9. Шаманов В. И. Системы интервального регулирования движением поездов с цифровыми радиоканалами// Автоматика на транспорте. – 2018. – Т4, № 2. – С. 223-238.

REFERENCES

1. Instructions for organizing the circulation of freight connected trains and trains of increased weight and length on the East Siberian railway [Instruktsiya po organizatsii obrashcheniya gruzovykh soyedinennykh poyezdov i poyezdov povyshennoy massy i dliny na Vostochno-Sibirskoy zheleznoy doroge]from 21.11. 2016, no. 315–38 p. https://www.google.com/search?ei=ON1QXtyCM_iFwPAPr9WigAY&q
2. Instructions for calculating the cash flow capacity of railways / Russian Railways, approved. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД» [Instruktsiya po raschetu nalichnoy propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog ОАО «RZHD»], approved 10.11.2010, No. 128. – М.: Techinform, 2011. – 289 p.
3. The interval is assigned by the hardware [Interval naznachayet apparatura] <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1475850>
4. Klimova E.V. Methods for assessing the effectiveness of the formation and passage of connected freight trains on sections and ranges of railways. [Metodika otsenki effektivnosti formirovaniya i propuska soyedinennykh gruzovykh poyezdov na uchastkakh i poligonakh zheleznykh dorog] Vestnik Sib. state University of Railways. – 2015. – № 4. – p.19-23
5. Erste signalfreie Fernverkehrsstrecke // Signal und Draht. – 2016. – № 1. – p. 68.

6. Positive Train Control. Leading the Way in PTC. <https://bnsf.com/in-the-community/safety-and-security/positive-train-control.page>

7. Rosenberg E.N. Principles of constructing control systems and interval regulation of the movement of trains of the fourth generation [Printsipy postroyeniya sistem upravleniya i interval'nogo regulirovaniya dvizheniyem poyezdov chetvertogo pokoleniya] // Intelligent control systems in railway transport. - 2019 - P. 27–32.

8. RUSSIAN RAILWAYS. A new technology of train movement is being introduced at the VSSD [RZHD. Na VSZHD vnedryayetsya novaya tekhnologiya dvizheniya poyezdov] https://vszd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=4069&refererLayerId=3941&refererPageId=704&id=16995

9. Shamanov V.I. Systems of interval regulation of train traffic with digital radio channels [Sistemy interval'nogo regulirovaniya dvizheniyem poyezdov s tsifrovymi radiokanalami] // Automation in transport. - 2018. - Т4, No. 2. - P. 223-238.

Информация об авторах

Перфильева Полина Владимировна – студентка группы ЭЖД. 3-18-1, факультета «Управление на транспорте и информационные технологии», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, perfilieva_polina@mail.ru

Залогова Ольга Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление процессами перевозок на железнодорожном транспорте», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Zalogova_OI@irgups.ru

Authors

Perfileva Polina Vladimirovna – student of the EZD group. 3-18-1, faculty «Transport Management and information technology», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: perfilieva_polina@mail.ru

Ol'ga Ivanovna Zalogova – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof., Assoc. Prof. at the department of Operation Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation, e-mail: Zalogova_OI@irgups.ru

Для цитирования

Перфильева П.В. Влияние формирования соединенных поездов на пропускную способность станции [Электронный ресурс] / П.В.Перфильева, О. И. Залогова // Молодая наука Сибири : электрон. научн. журн. – 2020 – №4 – Режим доступа: <http://mnv.irgups.ru/toma/410-2020>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. (дата обращения: 25.12.2020).

For citation

Perfileva P.V., Zalogova O. I. *Vliyaniye formirovaniya soyedinennykh poyezdov na propusknyuyu sposobnost' stantsii* [Influence of linked trains formation on terminal capacity] *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 4. [Accessed 25/12/20]