

В. С. Колокольников, Т. А. Фалалеева

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЕЗДОПОТОКА НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ СТАНЦИИ И ПЕРЕГОНОВ

Аннотация. В настоящее время растет доля поездов повышенного веса и длины. Возникает необходимость изучения влияния изменения структуры поездопотока на пропускную способность и инфраструктуру участка.

С помощью имитационного моделирования исследуется пропускная способность участка при пропуске разнородного потока в условиях изменяющейся инфраструктуры. Исследуется вопрос определения необходимого количества удлинненных путей для обработки потока поездов заданной структуры. Выявляется целесообразность введения жесткой специализации путей станции. Определяется пропускная способность станции при разном количестве удлинненных путей, объеме входного потока и соотношения струй в нем. Рассчитаны коэффициенты, приводящие расчетную пропускную способность к полученной в результате моделирования. Определен уровень допустимой полезной загрузки путей грузового удлинненного парка. На основании экспериментов сделан вывод: чем более разнообразен по структуре поездопоток, тем менее плотным он должен быть. За счет регулирования размеров входного потока удается улучшить использование инфраструктуры станции.

Ключевые слова: анализ задержек, пропускная способность, имитационное моделирование, путевое развитие, неравномерность движения, разнородный поток.

Для цитирования: Колокольников, В. С. Влияние структуры поездопотока на пропускную способность станции и перегонов / В. С. Колокольников, Т. А. Фалалеева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1. – С. 79–89. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_1_79.

Введение

С увеличением объемов перевозок растут требования к надежности работы железных дорог. Задержки поездопотока на ключевых станциях оказывают негативное влияние на весь перевозочный процесс: увеличиваются сроки доставки грузов, повышаются издержки. Определяющим фактором безостановочной работы транспортной магистрали и продвижения поездов по ней является слаженная работа составляющих частей на протяжении всего участка.

Организация устойчивого пропуска поездопотока по магистрали относится к наиболее сложным задачам, решаемым на этапе проектирования и реконструирования, и включает в себя выбор подходящей инфраструктуры. Неверное определение пропускной способности элементов и результирующей способности участка приводит к простоям вагонов, задержкам поездов и невозможности освоить заданный поток.

Одной из основных проблем на сегодняшний день является несовпадение расчетной пропускной способности с фактической.

Согласно [1] результирующая пропускная способность расчетного участка принимается по элементу с наименьшим значением пропускной способности. Учитывающими факторами являются «*емкости путевого развития и длины станционных путей, технически допустимые уровни использования мощности устройств при беспрепятственном приеме поездов*».

Однако не всегда прием поездов осуществляется беспрепятственно. Размеры пропущенного потока напрямую зависят не только от качественного взаимодействия элементов инфраструктуры железной дороги, но и от его структуры.

Существующие категории поездов имеют различную технологию обработки, скорость и приоритетность в движении, а порой требуют специализированного комплекса сооружений. В связи с этим входной поток с отличительной характеристикой на одной и той же инфраструктуре ведет себя иначе, что сказывается на пропускной способности.

Теория

При расчете перерабатывающей способности парков станции предполагается, что все пути могут быть заняты обработкой составов, однако не в полной мере учитывается ритм поступления поездов с перегона, их задержки, простои, структура поездопотока. Фактическое использование путей сильно отличается от расчетного. Для более точного описания перевозочного процесса станцию и пути парков можно выразить комбинацией канала и бункера [2]. Тогда при обработке составов парки выполняют роль канала и роль бункера – во время межоперационных простоев.

В периоды, когда простои поездов на путях станции увеличиваются, то есть пути начинают выполнять роль бункера в большей степени, при неизменной инфраструктуре возрастает потребность в технологических каналах. Из-за их нехватки поезда начинают останавливаться на предшествующем элементе – перегоне. В данном случае он будет выполнять роль бункера с маленькой емкостью, вместимость которого определяется числом блок-участков (не учитывая возможный тяжелый продольный профиль пути, при котором это число снизится). Причем управлять потоком, задерживая определенные категории поездов для пропуска поездов с приоритетом, на нем невозможно, в связи с чем последовательность продвижения поездов по перегону неизменна – очередность поступления совпадает с её выходом. При невозможности станцией принять первый поезд с перегона последующий поток также задерживается, что приводит к снижению пропускной способности участка.

Для нормальной работы перегона, с которого поступают поезда, последующий бункер (станция) должен обеспечивать стабильную заданную емкость и иметь резерв, способный справиться с потоком в пиковые моменты [3]. Но иметь большие резервы невыгодно в связи с большими затратами на их организацию и содержание, поэтому следует вводить мероприятия по временному увеличению полезного использования пропускной способности. В данном случае можно рассмотреть два режима работы: принимать поездопоток на станцию схода при наличии бункера достаточной емкости, в ином случае, управлять потоком. Для этого, используя инфраструктуру предшествующего бункера (если он имеется для определенной категории потока и недалеко расположен), подводить поезда в нужный момент, когда станция готова его принять.

Эксперименты

Рассмотрим работу участковой станции Н. Для явного определения влияния разнородного потока на пропускную способность схема станции и технология работы упрощены. Исключены факторы, вызывающие известные задержки: враждебные передвижения при маневровой работе с маршрутами подачи/уборки локомотивов, нехватка локомотивных бригад, бригад для ТО и т. д.

Технологическая цепочка по обработке поездопотока состоит из приема поезда с нечетного направления Б через горловину в соответствующий парк станции, обработки и отправления через четную горловину на перегон А (рис. 1).

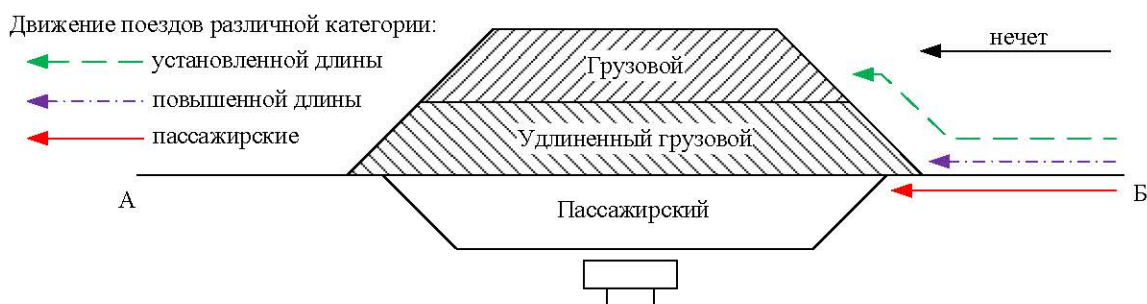


Рис. 1. Схема станции Н «в рыбаках» с прилегающими перегонами

На рассматриваемых железнодорожных перегонах отсутствуют «окна», движение поездов на станцию осуществляется непрерывно и только в нечетном направлении. На станции имеется 19 путей, для пассажирских поездов выделено 3 пути, для грузовых – 16. По участку движутся три категории поездов. Для их приема и обработки используются парки: пассажирский, грузовой, обрабатывающий транзитные поезда установленной длины, и удлиненный грузовой парк с увеличенной вместимостью путей для приема и обработки длинносоставных поездов.

В серии экспериментов меняется соотношение числа длинносоставных и поездов установленной длины до тех пор, пока модель справляется с заданным потоком. Число длинных путей увеличивается в

момент, когда станция не принимает суммарно более одного поезда, при этом сохраняется начальное число путей. Для всех экспериментов число пассажирских поездов постоянно – 24 поезда в сутки.

Построение базовой имитационной модели осуществляется с помощью Системы автоматизированного построения имитационных моделей железнодорожных станций и узлов ИСТРА – САПР [4–6]. Расписание поездопотока задается через гистограмму с интервалом поступления в 10 минут. Со станции поезда отправляются в порядке готовности с минимальным интервалом в 10 минут. Пассажирские поезда имеют приоритет в движении.

Временные характеристики технологических операций для каждой категории поездов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Категория поездов	Исходные данные		
	Время, мин		
	прибытия	осмотра	отправления
Установленной длины	10	85÷125	5
Повышенной длины	10	100	5
Пассажирские	8	20	4

Для пропуска 143 поездов только одной категории – установленной длины – задействуется 14 путей станции. При изменении процентного соотношения потока (добавив 24 пассажирских поезда с приоритетом в движении) простои на станциях увеличиваются. А для обработки 119 поездов установленной длины требуется уже 16 путей. Это происходит в связи с тем, что грузовые поезда, при условии их готовности к отправлению, вынуждены терять свою нитку отправления, отдавая её пассажирским.

Из-за возникших очередей по отправлению перегон А становится «узким» местом [7, 8]. Ввиду чего очереди по отправлению поездов со станции возрастают, пути парков заняты не только технологическими операциями, но и простоем в ожидании отправления.

Заметив такую взаимосвязь решено провести ряд экспериментов с поэтапным вводом категории поездов с отличительными параметрами – длинносоставные поезда, которые для исключения перекрытия горловины обрабатываются только на путях грузового удлиненного парка.

Соотношение струй поездопотока меняется, количество длинных поездов увеличивается. Число пассажирских поездов остается неизменным, их появление в течение суток случайно, а прием и обработка осуществляются в отдельно выделенном парке с тремя путями. Ввиду того что число пассажирских поездов неизменно, время приема и обработки строго регламентировано, а из-за приоритетности в движении задержки у данной категории поездов не возникает, в дальнейшем рассмотрении и расчетах они отражаться не будут.

При расчете по утвержденной методике возможное число пропущенных поездов через грузовой удлиненный парк за сутки при наличии одного длинного пути определяется по формуле (1):

$$N_{\text{д}}^{\text{п}} = \frac{1440m}{t_{\text{обр}}^{\text{д}}} = \frac{1440 \cdot 1}{115} = 12,5 \approx 12 \text{ поездов повышенной длины,} \quad (1)$$

где m – число путей в удлиненном грузовом парке;

$t_{\text{обр}}^{\text{д}}$ – время обработки одного поезда увеличенной длины.

Для освоения заданного числа поездов повышенной длины должна быть строго соблюдена организация поездопотока на участке – каждые 2 часа должен поступать 1 длинный поезд. То есть на каждые 11 поездов установленной длины приходится 1 поезд повышенной длины.

Появление длинносоставного поезда значительно раньше вызовет его задержку на перегоне и невозможность принимать на станцию другие категории поездов. В случае когда поезд появится позже выделенной для него нитки, полезное использование удлиненного пути сократится, что приведет к снижению пропускной способности не только станции, но и перегона (рис. 2).

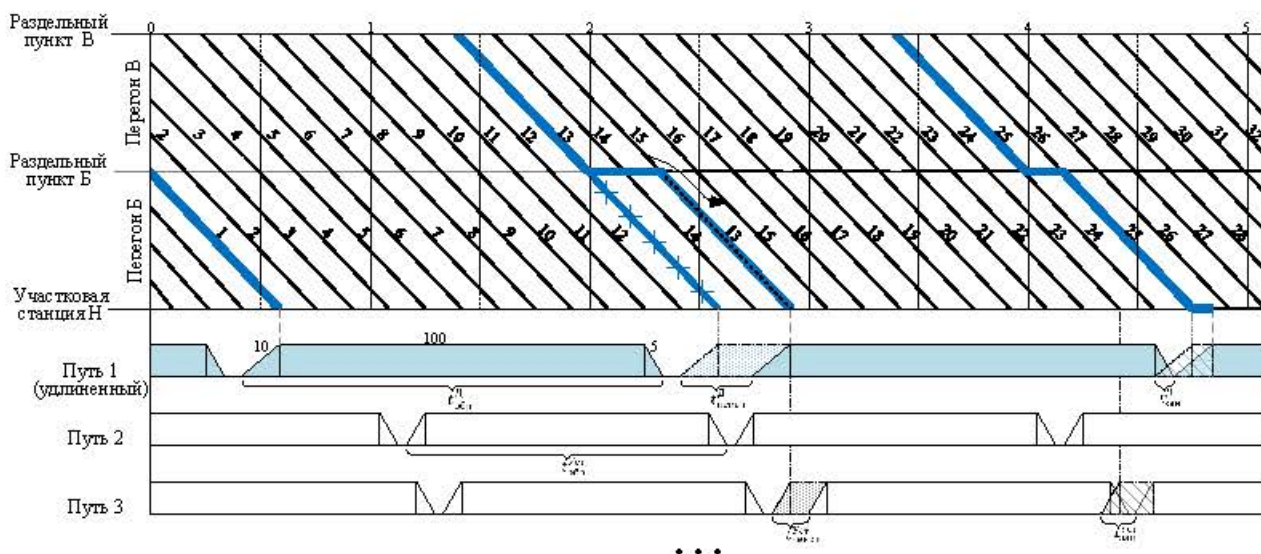


Рис. 2. Влияние несвоевременного приема поезда повышенной длины станцией на пропускную способность участка

На рис. 2 видно, что удлиненный поезд № 13 остановился на раздельном пункте Б. Из-за чего не был отправлен в свою нитку. Ввиду отсутствия в этот момент времени готового к отправлению поезда нитка пропала. Кроме того, при плотном движении поездов по участку несвоевременное отправление длинносоставного поезда с раздельного пункта Б вызывает необходимость занять нитку отправления грузового поезда установленной длины № 15. За счет этого происходит смещение отправления последующих поездов с вынужденной остановкой на раздельном пункте Б (или на перегоне) при наличии свободной инфраструктуры на участковой станции Н.

Возникает время $t_{\text{неисп}}^D$, когда удлиненный путь не используется из-за не прибывшего вовремя длинносоставного поезда. А в момент времени, когда прибывает следующий длинносоставный поезд № 25, удлиненный путь ещё занят временем обработки предыдущего поезда повышенной длины $t_{\text{обр}}^D$. В этот промежуток времени $t_{\text{зан}}^D$ последующий поезд не может быть принят на станцию и вынужден простаивать на перегоне Б, дожидаясь освобождения пути подходящей длины. Задержка последующих поездов увеличивается, т. к. они не могут занимать пути грузового парка из-за занятого участка перед станцией.

Из-за занятия длинносоставным поездом грузовой нитки на путях грузового парка также возникает сначала время неиспользования пути $t_{\text{неисп}}^{уст}$, а затем $t_{\text{зан}}^{уст}$, когда из-за занятого пути обработкой предыдущего поезда текущий поезд принять и обработать невозможно.

Стоит отметить, что инфраструктуру предшествующего раздельного пункта можно использовать, когда на рассматриваемой станции отсутствует возможность в данный момент принять поезд данной категории. Данный вариант возможен при наличии подходящего путевого развития для размещения рассматриваемой категории поездов и обоснованности потери ниток.

Результаты

На самом деле поезда движутся по участку в последовательности их готовности к продвижению с учетом приоритетных поездов. Это приводит к неравномерному распределению разных категорий поездов в общем потоке.

Помимо этого, длительные задержки на пути (более 5 мин) вызывают простой последующего длинносоставного поезда перед входным светофором станции, а также невозможности принять другие категории поездов, несмотря на свободную инфраструктуру парков. При плотном потоке (поступление поездов каждые 10 минут) задержки по приему поездов к концу суток только увеличиваются. Узким элементом становятся не только пути грузового удлиненного парка, но и перегон Б, на котором простаивают поезда в ожидании их приема на станцию.

Согласно рис. 2 в модели с одним длинным путем задано расписание прибытия 12 длинных поездов каждые 2 часа. Даже при задании жестких ниток для длинных поездов не всегда удастся осво-

ить заданный поток, поскольку поезда занимают пути дольше, чем время их обработки. Это происходит из-за простоев, связанных с ожиданием нитки по отправлению (рис. 3). Также простой в ожидании отправления вызван влиянием движения поездов с приоритетным передвижением

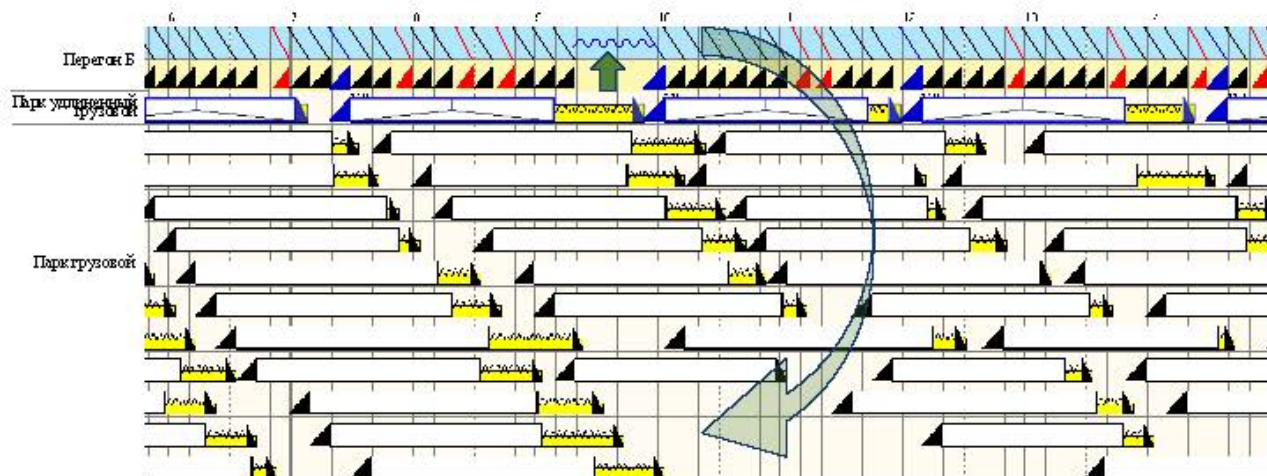


Рис. 3. Фрагмент графика исполненной работы (задержка приема грузовых поездов из-за невозможности принять удлиненный грузовой)
прием и обработка поездов различных категорий: красный – пассажирские, черный – установленной длины, синий – повышенной длины

Выявленная причина не позволяет освоить заданный поездопоток, перерабатывающая способность станции снижается

В среднем на 30 расчетов из 12 заданных поездов повышенной длины удается принять лишь 10,7, а отправить на 1 поезд меньше. Сложившаяся ситуация оказывает влияние и на категорию поездов установленной длины – 9 непринятых поездов (рис. 4).

Прибыло		Отправлено	
поездов категории	кол-во	поездов категории	кол-во
Повышенной длины	10,7	Повышенной длины	9,7
Установленной длины	98,2	Установленной длины	101,8
Пассажирские	23,9	Пассажирские	23,5

Непринятые поезда		
поездов категории	кол-во	из-за путей парка
Повышенной длины	1	удлиненного грузового
Установленной длины	9	грузового, удлиненного грузового

Прибыло / Отправлено и простой по паркам						
парк	прибыло (в)	отправлено (в)	простой	ср.кол-во зан путей	кол-во путей	заполнение
Удлиненный грузовой	1173.33	1085.33	2.08	0.96	1	0.89
Грузовой	6874	7107.33	2.25	10.02	15	0.4

Рис. 4. Усредненные данные за 30 прогонов

Из данных рис. 4 видно, что заполнить длинный путь удастся на 89 % за сутки, в течение которых он занят технологическими операциями лишь 19,55 ч, а 3,57 ч отводится на простой поездов. Несмотря на высокое использование данного пути и задание жесткого расписания прибытия поездов увеличенной длины, обработать заданные размеры движения не удастся. Ввиду отсутствия свободной нитки для отправления длинносоставный поезд не был отправлен со станции после его обработки (рис. 3). Удлиненный путь занят простоем поезда до того момента, пока не наступит очередь его отправления. В этот период времени следующий длинносоставный поезд, пришедший согласно заданному расписанию, не может быть принят на станцию. Возникает ситуация, описанная на рис. 3, когда из-за

невозможности принять на станцию удлиненный поезд появляются задержки поездов других категорий, для обработки которых инфраструктура свободна. Несмотря на невысокую загрузку путей грузового парка (40%), в среднем 9 поездов установленной длины принять и обработать не получается.

Для выявления реальной перерабатывающей способности с разным числом длинных путей проведены эксперименты, число длинносоставных поездов увеличивалось до тех пор, пока на станции число принятых поездов меньше 1.

Когда поток неравномерен по своей структуре, друг за другом могут поступать поезда различной категории, которые имеют неодинаковое время и технологию обработки, а порой требующие приема на специализированные пути.

Рассмотрены модели, в которых технологией станции разрешено принимать в грузовой удлиненный парк и поезда установленной длины при условии нехватки путей в соответствующем парке.

При сгущении поездов установленной длины сначала занимается грузовой парк, но при плотном поступлении может начать задействоваться парк с длинными путями, тогда, в момент, когда начальные грузовые поезда обработаны и отправлены, длинные пути ещё заняты обработкой, в этот момент начинают поступать поезда повышенной длины, но из-за отсутствия подходящей инфраструктуры возникают простои у входного светофора (рис. 5).

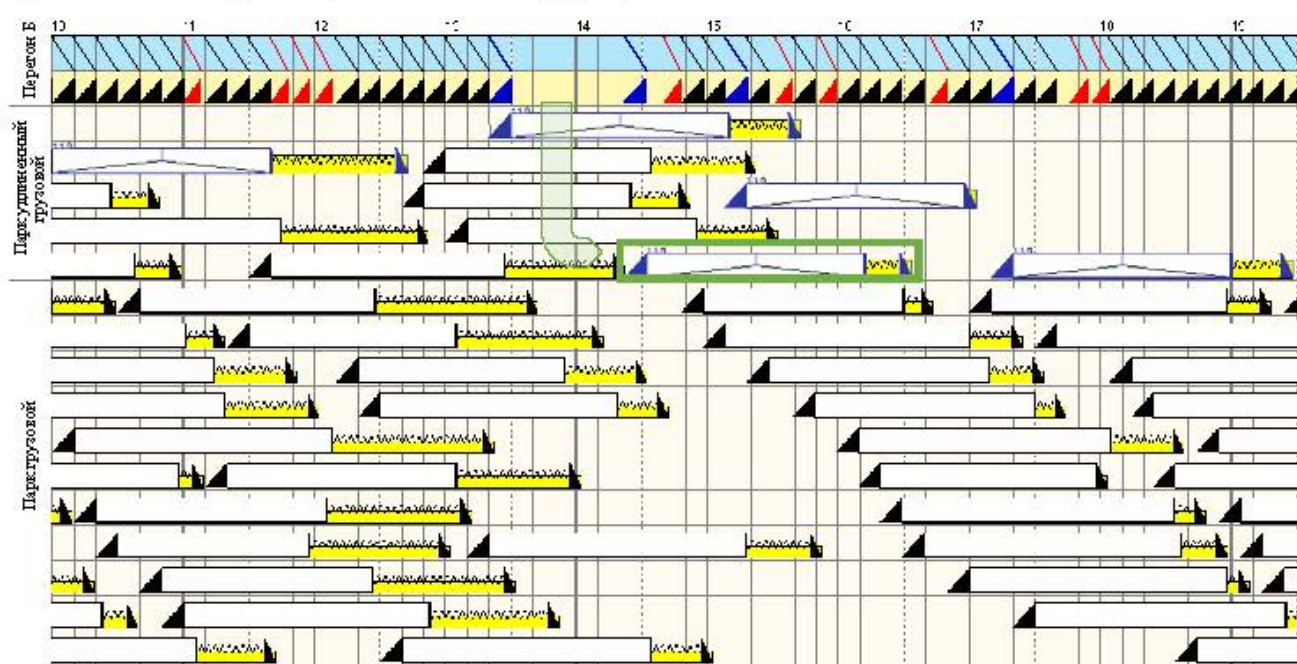


Рис. 5. Фрагмент графика исполненной работы (невозможность принять длинносоставный поезд из-за занятости длинных путей грузовыми поездами установленной длины)

При исследовании графиков исполненной работы (рис. 5), выявлено, что в момент поступления с перегона рассматриваемого длинносоставного поезда все пять удлиненных путей заняты, причем на четырех из них обрабатываются грузовые поезда установленной длины, так как пути в парке, выделенном для их обработки, заняты.

В пиковый момент времени подходящая инфраструктура используется другой категорией поездов, длинносоставный поезд вынужден простаивать на перегоне почти час, что вызывает задержку приёма других категорий поездов. Кроме того, задержки на перегоне оказывают влияние и на продвижение поездопотока по участку.

При поддержании стабильной загрузки перегона Б должно выполняться условие в пропуске по нему 143 поездов в сутки, из которых 24 – пассажирских. Заданное и пропущенное число длинносоставных поездов через грузовой удлиненный парк значительно меньше расчетного (рис. 6). На станции с 8 удлиненными путями из 119 грузовых поездов удается принять и обработать в среднем лишь 18,9 поездов повышенной длины. Из-за невозможности пропустить большее число удлиненных поездов основной категорией обработки в рассматриваемом парке являются грузовые поезда, а загрузка его путей растет с увеличением количества удлиненных путей и не превышает значения 55%.

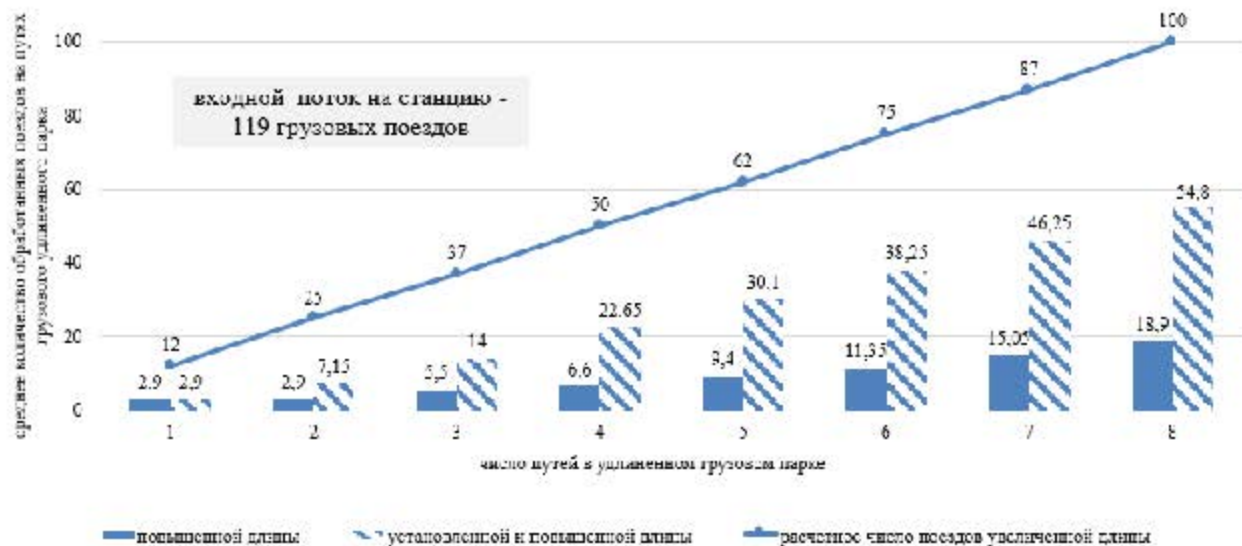


Рис. 6. Расчетные и фактические размеры пропущенных поездов через грузовой удлиненный парк в зависимости от числа путей

В связи с этим решено рассмотреть модели, когда транзитные поезда не могут занимать длинные пути (рис. 7). В ряде экспериментов удается пропустить большее число поездов повышенной длины, но суммарный обрабатываемый поездопоток по сравнению с моделями, в которых грузовые поезда могут занимать парк с длинными путями, уменьшается. Теперь задержки по приему всех категорий поездов возникают уже из-за недостаточной мощности грузового парка, а поезда установленной длины вынуждены простаивать на перегоне в ожидании освобождения путей. Кроме того, из-за ввода жесткой специализации путей парков при большом количестве путей в удлиненном грузовом парке большое число грузовых поездов принять и обработать в грузовом парке не удастся. При небольшом проценте поездов повышенной длины данный вариант технологии нецелесообразен из-за невозможности обработать заданное число поездов установленной длины.

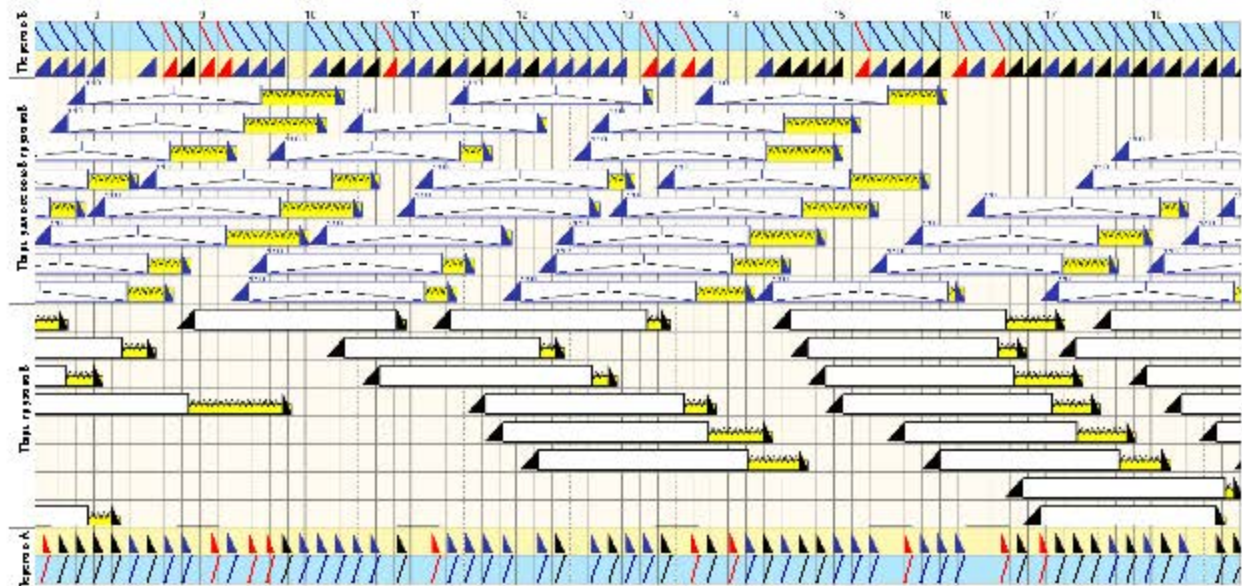


Рис. 7. Фрагмент графика исполненной работы (влияние разнородного потока на перерабатывающую способность)

При продолжительных задержках скапливается очередь на перегоне, в которой помимо длинно-составных поездов могут находиться поезда других категорий – пассажирские и грузовые установленной длины, они не могут быть пропущены по каналу, несмотря на то что на станции инфраструктура для их обработки существует и в данный момент времени не используется (рис. 5, 7), т. е. отсутствует возможность задействовать резервы.

По причине невозможности станции переработать поездопоток снижается пропускная способность и перегона. Несмотря на избыточность инфраструктуры станции происходят задержки по приему поездов из-за несогласованного подвода поездопотока.

На перерабатывающую способность станции оказывает влияние пропускная способность горловин, парков станции. Считается, что фактическое время занятия инфраструктуры складывается из времени на выполнение технологических операций и межоперационными простоями. Однако и это время значительно отличается от расчетного ввиду неучтенных задержек по причине нехватки путей подходящей длины в момент поступлений длинносоставных поездов.

Далее проводятся аналогичные эксперименты с изменяемым числом заданных поездов. Снизив изначальный грузовой поездопоток со 119 до 99 единиц, удается задать и пропустить большее число поездов по сравнению с тем, когда поток более плотный (рис. 8 и 6 соответственно).



Рис. 8. Расчетные и фактические размеры пропущенных поездов через грузовой удлиненный парк в зависимости от числа путей при пропуске сниженного потока

За счет сокращения размера входного поездопотока по участку удается понизить плотность поступления поездов с перегона на станцию, за счет чего на путях грузового удлиненного парка удается принять и обработать большее число поездов (рис. 8), что приводит к увеличению пропускной способности участка.

Теперь на станции с 8 удлиненными путями из 99 грузовых поездов удается принять и обработать в среднем 68,3 поезда повышенной длины. За счет возможности принять большее число длинносоставных поездов процентное соотношение категорий обрабатываемых поездов улучшилось. В данном случае выделенные категории поездов обрабатываются в парках с более подходящей инфраструктурой.

При уменьшенном входном потоке также не удается пропустить расчетное число обработанных поездов. В этом случае уровень допустимой полезной загрузки станции можно выразить с помощью коэффициента γ , тогда действительную пропускную способность путей удлиненного грузового парка можно рассчитать по формуле (2) [9, 10]:

$$\tilde{U} = \gamma \cdot U, \quad (2)$$

где γ – коэффициент допустимой загрузки путей удлиненного грузового парка;

U – расчетное число обработанных поездов повышенной длины согласно инструкции.

По результатам эксперимента был рассчитан коэффициент, приводящий расчетное число поездов повышенной длины к фактическому для моделей с максимальным и сниженным входным потоком (табл. 2).

Таблица 2

**Расчетные показатели по обработанным поездам увеличенной длины
в условиях изменения характеристики потока**

Количество путей в парке грузовом удлинённом	Расчетное число обработанных поездов повышенной длины согласно инструкции	Максимальный поток (рис. 6)		Сниженный поток (рис. 8)	
		Фактическое число обработанных поездов повышенной длины	Коэффициент фактической загрузки путей парка грузового удлинённого при заданном потоке	Фактическое число обработанных поездов повышенной длины	Коэффициент фактической загрузки путей парка грузового удлинённого при заданном потоке
1	12	2,90	0,24	6,55	0,55
2	25	2,90	0,12	12,70	0,51
3	37	5,50	0,15	19,80	0,54
4	50	6,60	0,13	29,20	0,58
5	62	9,40	0,15	36,70	0,60
6	75	11,35	0,15	46,15	0,62
7	87	15,05	0,17	57,20	0,66
8	100	18,90	0,19	68,30	0,68

Замечено, что уровень полезной загрузки путей меняется в зависимости от характеристики потока, а повысить действительную пропускную способность без вложений в инфраструктуру возможно за счет управления струями потока.

При пропуске нескольких категорий поездов с различными параметрами хорошая загрузка инфраструктуры достигается при невысокой загрузке станции, когда за счет снижения потока возникают резервы.

Но когда загрузка путей станции становится максимальной, для освоения заданного потока необходимо организовывать технологию работы объекта таким образом, чтобы в этот период времени по участку продвигались поезда преимущественно одной категории.

Выводы

Если по расчетам станция и перегоны позволяют пропускать увеличенный поток, то при совместной работе возникает взаимовлияние, которое снижает суммарную пропускную способность. Нельзя занять канал или бункер, приблизив его перерабатывающую/пропускную способность к 100 %, без учета пропускной способности соседних элементов в увязке.

На фактическую пропускную способность оказывает влияние число струй с различными характеристиками (технология и время обработки, потребность в разной инфраструктуре).

На исследуемом объекте удается за счет снижения заданного потока увеличить число принятых поездов, тем самым повысить фактическую перерабатывающую способность станции.

Изменение структуры потока вызывает необходимость изменять инфраструктуру или характеристики потока. В момент интенсивного движения по участку требуется уменьшать разнородность потока, делая его по структуре более однородным. Для этого отдельные категории поездов можно замедлять на предшествующих раздельных пунктах с доступной в данный момент времени емкостью, а потом подводить к данной станции в более подходящий момент.

Список литературы

1 Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» (с изм., внесенными распоряжениями ОАО «РЖД» от 14.02.2023 N 324/p) // Экономика железных дорог. – 2023. – № 5. – ISSN 1727-6500.

References

1 Instructions for calculating the throughput and carrying capacity of railways of JSC "Russian Railways" (as amended by the orders of JSC "Russian Railways" dated 02/14/2023 N 324/r). // Railway economics. – 2023. – No. 5. – ISSN 1727-6500.

- 2 Козлов, П. А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / П. А. Козлов. – Москва, 1987. – 393 с.
- 3 Повышение экономической эффективности функционирования существующих систем железнодорожного транспорта за счет применения уточненного подхода к расчету перерабатывающей способности обслуживающих устройств / Е. Н. Тимухина, Н. В. Кащеева, В. С. Колокольников, А. А. Кошчев // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 2 (49). – С. 26–33. – EDN WJUUUQ.
- 4 Козлов, П. А. Расчет параметров проектируемых транспортных узлов / П. А. Козлов, В. П. Козлова // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 7. – С. 36–39. – EDN HTQLFJ.
- 5 Об использовании моделей оптимального управления транспортными потоками / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, Н. А. Тушин, О. В. Осокин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1 (41). – С. 60–69. – DOI 10.20291/2079-0392-2019-1-60-69.
- 6 Колокольников, В. С. Сравнение современных методов расчета железнодорожных станций / В. С. Колокольников, И. А. Ковалев // Инновационный транспорт. – 2015. – № 1 (15). – С. 80–82. – EDN TMMIWB.
- 7 Козлов, П. А. Структурно-функциональное исследование железнодорожных станций / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, Н. А. Тушин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 4 (64). – С. 86–91. – EDN XGRSZZ.
- 8 Козлов, П. А. Определение параметров парков и горловин станции с учетом их взаимодействия / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, Н. А. Тушин // Транспорт Урала. – 2017. – № 1 (52). – С. 3–7. – DOI 10.20291/1815-9400-2017-1-3-7.
- 9 Колокольников, В. С. Структурно-функциональная оптимизация полигонов на сети железных дорог : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.22.08 / Колокольников Виталий Сергеевич. – Екатеринбург, 2021. – 302 с. – EDN KJVWYC.
- 10 Козлов, П. А. Расчет и оптимизация полигонов железнодорожного транспорта / П. А. Козлов, В. С. Колокольников // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 3 (71). – С. 113–120. – EDN XZOBKP.
- 2 Kozlov, P. A. Theoretical foundations, organizational forms, methods of optimization of flexible technology for transport services of ferrous metallurgy plants : dis. doctor of Technical Sciences / P. A. Kozlov. – Moscow, 1987. – 393 p.
- 3 Increase of existing railway transport systems economic efficiency by the use of refined approach to calculate capacity of serving facilities / E. N. Timukhina, N. V. Kashcheeva, V. S. Kolokolnikov, A. A. Koshcheev // Bulletin of the Siberian State University of Railway Engineering. – 2019. – No. 2 (49). – P. 26–33. – EDN WJUUUQ.
- 4 Kozlov, P. A. Calculation of the parameters of the projected transport hubs / P. A. Kozlov, V. P. Kozlova. // Railway transport. – 2008. – No. 7. – P. 36–39. – EDN HTQLFJ.
- 5 On using effective management models for transport flows / Kozlov, P. A., V. S. Kolokolnikov, N. A. Tushin, O. V. Osokin // Vestnik USURT. – 2019. – No. 1 (41). – P. 60–69. – DOI 10.20291/2079-0392-2019-1-60-69.
- 6 Kolokolnikov, V. S. Comparison of modern railway station design methods / V. S. Kolokolnikov, I. A. Kovalev // Innovacionnyj transport. 2015. – No. 1 (15). – P. 80–82. – EDN TMMIWB.
- 7 Kozlov, P. A. Structural and functional studies of railway stations / P. A. Kozlov, V. S. Kolokolnikov, N. A. Tushin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2016. – No. 4 (64). – P. 86–91. – EDN XGRSZZ.
- 8 Kozlov, P. A. Defining the parameters of the tracks and of the station necks considering their interaction / P. A. Kozlov, V. S. Kolokolnikov, N. A. Tushin // Transport of the Urals. – 2017. – No. 1 (52). – P. 3–7. – DOI 10.20291/1815-9400-2017-1-3-7.
- 9 Kolokolnikov, V. S. Structural and functional optimization of polygons on the railway network : diss. ... Doctor of Technical Sciences : 05.22.08 / Kolokolnikov Vitaly Sergeevich. Yekaterinburg, 2021. – 302 p. – EDN KJVWYC.
- 10 Kozlov, P. A. Calculation and optimization of railway polygons / P. A. Kozlov., V. S. Kolokolnikov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2018. – No. 3 (71). – P. 113–120. – EDN XZOBKP.

V. S. Kolokolnikov, T. A. Falaleeva

THE INFLUENCE OF THE TRAIN FLOW STRUCTURE ON THE CAPACITY OF THE STATION AND OF THE ADJOINING SPAN

Abstract. Currently, the proportion of trains of increased weight and length is growing. There is a need to study the impact of changes in the structure of train traffic on the capacity and infrastructure of the site.

With the help of simulation modeling, the throughput of the site is investigated when passing a heterogeneous flow in a changing infrastructure. The issue of determining the required number of elongated tracks to handle the flow of trains of a given structure is being investigated. The expediency of introducing strict specialization of the station's tracks is revealed. The capacity of the station is determined with a different number of elongated paths, the volume of the input stream and the ratio of jets in it. The coefficients that bring the calculated throughput to the one obtained as a result of the simulation are calculated. The level of permissible payload of the tracks of the extended cargo fleet has been determined. Based on the experiments, it was concluded that the more diverse the train traffic is in structure, the less dense it should be. By adjusting the size of the input stream, it is possible to improve the use of the station infrastructure.

Keywords: delay analysis, throughput capacity, simulation model, track development, irregularity of movement, heterogeneous flow.

For citation: Kolokolnikov, V. S. The influence of the train flow structure on the capacity of the station and of the adjoining span / V. S. Kolokolnikov, T. A. Falaleeva // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 1. – P. 79–89. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_1_79.

Сведения об авторах

Колокольников Виталий Сергеевич
Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Управление эксплуатационной
работой»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: VKolokolnikov@usurt.ru
Фалалеева Татьяна Андреевна
Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Управление эксплуатационной
работой»,
аспирант,
e-mail: TFalaleeva@usurt.ru

Information about the authors

Kolokolnikov Vitaliy Sergeevich K
Ural State University of Railway Transport (USURT)
Chair «Operations Management Department»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: VKolokolnikov@usurt.ru
Falaleeva Tatiana Andreevna
Ural State University of Railway Transport (USURT)
Chair «Operations Management Department»,
Postgraduate Student,
e-mail: TFalaleeva@usurt.ru