

**Для цитирования**

Анализ эффективности перевозочной работы электровозов 3ВЛ80^с на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги / О. С. Абляимов // Современные технологии. Системный анализ. 2018. - Т. 60, № 4. - С. 70–79. - DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).70-79

For citation

Abylaimov O. S. Analiz effektivnosti perevozochnoi raboty elektrovozov 3VL80s na uchastke Kattakurgan – Navoi uzbekskoi zheleznoi dorogi [Analysis of the efficiency of transportation work of 3VL80^s electric locomotives at the Kattakurgan – Navoi section of the Uzbek railway]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2018, Vol. 60, No. 4, pp. 70–79. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).70-79

УДК 656.022.5

DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).79-87

М. В. Фуфачева

Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация

Дата поступления: 18 сентября 2018 г.

АНАЛИЗ ЗАДЕРЖЕК ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОПУСКА ПО УЧАСТКУ ДЛИННОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ

Аннотация. Решается задача повышения пропускной способности двухпутных линий в условиях обращения поездов различной массы и длины. Одним из путей решения этой проблемы является удлинение станционных путей.

Отмечены основные сложности, возникающие при реконструкции станций, особенно при выборе этапности удлинения путей на станциях.

Задержки поездов на подходах к станциям являются одним из наиболее значимых критериев при выборе проекта реконструкции. Однако четкой формализации задачи по их определению до сих пор нет.

С целью определения числа и продолжительности задержек подвижного состава были установлены параметры статистики распределения прибытия грузовых поездов на станции для технических операций по интервалам и длины грузовых поездов.

На основе анализа статистического материала и разработанной модели работы железнодорожного участка исследованы задержки грузовых поездов при подходе к промежуточным и техническим станциям участка. В качестве существенных поездопотоков при моделировании рассматривались длинносоставные грузовые поезда, грузовые составы нормальной длины, длинносоставные поезда из порожних вагонов и пассажирские поезда. Выявлены зависимости величин задержек поездов и их количества от различных факторов: размера поездопотоков; доли длинносоставных поездов на участке; расстояния между станциями обгона; соотношения скорости хода грузовых поездов к скорости пассажирских.

Предложенная методика позволяет более точно оценивать задержки поездов в зависимости от различных факторов.

Ключевые слова: длинносоставные поезда, удлинение приемоотправочных путей, количество и величина стоянок грузовых поездов на промежуточных станциях участка.

М. V. Fufacheva

Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, a branch of the Federal State Institution of Higher Education “Irkutsk State Transport University”, Krasnoyarsk, the Russian Federation

Received: September 18, 2018

ANALYSIS OF DELAYS OF THE ROLLING STOCK IN THE ORGANIZATION OF HANDLING LONG-COMPONENT TRAINS IN A SECTION

Abstract. The article meets the challenge of increasing the capacity of double-track lines in the conditions of circulation of trains of different weight and length. One way to solve this problem is to lengthen the station tracks.

The author noted the main difficulties encountered in the reconstruction of stations, especially when choosing the stage of lengthening the tracks at the stations.

Train delays at station approaches are one of the most important criteria when selecting a reconstruction project. However, the task of their definition still has not been formalized clearly.

In order to determine the number and duration of rolling stock delays, the main statistical parameters were established for the interval distribution of freight train arrival to technical stations and the number of cars in freight trains.

Based on the analysis of statistical material and the developed model of the railway section, the delays of freight trains were investigated when approaching the intermediate and technical stations of the section. In the simulation, long-component freight trains; freight trains of normal length; long-component trains of empty cars; a passenger train were considered as significant traffic flows. The author identified the dependencies of magnitudes and the number of the train delays from various factors: the size of traffic flows, the share of long-component trains at the section, the distance between overtaking stations, the ratio of speed of freight trains to the speed of the passenger trains.



The proposed method will allow estimating train delays more accurately, depending on various factors.

Keywords: long-component trains, lengthening of railway tracks for the reception and departure of trains, number and value of freight train stops at intermediate stations of the section.

Введение

Согласно Стратегической программе ОАО «РЖД», планируется ежегодное увеличение объемов перевозок до 2030 года. Основным, наиболее эффективным, мероприятием освоения перспективных показателей перевозок без увеличения парка локомотивов является увеличение нормы количества вагонов в грузовых поездах и их установленной массы. Для выполнения на станциях технических операций с грузовыми поездами увеличенной массы и длины необходимо иметь пути вместимостью более 71 условного вагона, то есть более 1000 метров. На большинстве технических станций приемоотправочные пути не увеличивались с момента ввода их в эксплуатацию.

Длинносоставные поезда составляют примерно 70 % от всего поездопотока. Большая часть этих составов состоит из порожних полувагонов, которые следуют от станций выгрузки до станций погрузки (обслуживающих пути необщего пользования больших угольных разрезов).

Одним из сдерживающих факторов роста грузового потока является пропускная способность участков. Основным мероприятием, увеличивающим пропускную способность, является путевое развитие станций участка для обгона поездов. В связи с увеличением длины поездов встала острая проблема пропуска этих поездов по станциям. Из-за усложнения технологии работы станций и снижения эксплуатационных показателей невозможно одновременно выполнить реконструкцию всех станций одного участка. Также это повлечет за собой большие единовременные капитальные вложения. В связи с этим нужно определить поэтапную реконструкцию станций участка с учетом максимальной потребности и необходимое количество удлиняемых приемоотправочных путей.

Основные проблемы при реконструкции станций

При реконструкции станций участка по увеличению длины путей появляется несколько важных вопросов:

- на каких станциях удлинять пути;
- сколько путей повышенной длины нужно иметь на станции;
- на каких станциях участка будет осуществляться обгон грузовых поездов;
- сколько выделять станций для обгона поездов повышенной длины.

Очень часто эти вопросы решаются без веских теоретических доводов: в первую очередь реконструируются пути станций, где капитальные вложения будут минимальными, то есть там, где минимальный объем земляных работ, отсутствуют искусственные сооружения и препятствия естественного характера.

Снижение строительной стоимости – это, безусловно, значимый фактор при любом изменении станции, а при увеличении длины путей он влияет на эффективность мероприятий по реконструкции. Однако необходимо рассматривать проблемы комплексно: учитывать главные факторы, влияющие на безопасность движения и в целом на пропускную способность всего участка. В научно-технической литературе этому вопросу всегда уделялось достаточно большое внимание [1–5].

Парки путей являются основными элементами любой технической станции, составляя ее сложную систему. Расположение парков относительно друг друга определяет схему станции, а их компоновка определяет технологический процесс работы станции.

Реконструкции станций в настоящее время основаны на рекомендациях в соответствии с Правилами и техническими нормами проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм [6] и другими нормативными документами. На расположение парков станции и путевое развитие решающим образом влияет планируемый объем работы, местные условия и предварительный выбор типовой схемы станции.

При сравнении технико-экономических показателей вариантов реконструкции станции и сравнении их с ранее разработанными проектами или уже введенными в эксплуатацию станционными объектами производится оценка и отбор наиболее эффективных разработанных вариантов планируемой реконструкции станции. Однако по-прежнему решающим критерием оценки схемы реконструкции являются капитальные расходы.

Зачастую учет только одного критерия при сравнении вариантов схем реконструкции ведет к ошибочной оценке того или иного фактора, который приобретает ощутимый вес при определенных обстоятельствах. В этом случае необходимо учитывать качественные показатели, которые не учитываются, учитываются интуитивно или им отводится второстепенная роль.

Большое количество критериев оценки схем, которые определяются сложной структурной тех-



нологией работы станции, зачастую приводят к разногласиям установленных принципов проектирования.

Проектирование и реконструкция существующих станций требуют не только больших капитальных расходов, но и значительных производственных и эксплуатационных расходов.

Важнейшими показателями эксплуатационной деятельности станций являются простой вагонов, маршрутная скорость, число грузовых поездов, их длина, вес и интервалы отправления и прибытия. На улучшение этих показателей в первую очередь и направлено изменение схемы станции. На пропускную и провозную способность не только станции, но и всего участка влияет технология работы реконструируемой станции.

Как правило, крупные технические станции расположены в развитых промышленных центрах различных регионов страны. Все эти районы характеризуются разными объемами производства и переработки, и немаловажными для развития станции являются топографические условия того или иного района, где находится станция. Наибольшее затруднение также наблюдается в ограничении площадки из-за городской или промышленной застройки вокруг станции.

Реконструкция станции невозможна без увеличения ширины и длины станционной площадки. Планируемое развитие по увеличению длины станции в сторону перегонов часто невозможно или требует больших затрат, особенно если станция граничит с руководящим уклоном [7, 8].

Помимо этого, крупные города, как правило, находятся на берегах рек, что ограничивает возможность принять наиболее эффективный вариант развития станции. При переносе горловин, введении в действие новых устройств и укладке дополнительного приемоотправочного пути на промежуточных станциях появляются новые проблемы.

На проект реконструкции огромное влияние оказывает профиль и план станции. На пересеченной местности на подходах к станции имеются обратные кривые, и зачастую малых радиусов. Такая особенность местных условий приводит к снижению скорости движения поездов перед прибытием на станцию, а это, в свою очередь, увеличивает время прибытия на станцию и интервалы прибытия между поездами.

Большое влияние на технологию работы станции, и особенно на организацию маневровой работы, оказывает наличие соединительных путей между парками, но зачастую эти пути имеют обратные кривые радиусом не более 200 м. Такие же

условия имеются и на маршрутах отправления поездов из парков.

Часто расположение станции в профиле также неблагоприятно. Нередко парки на станциях могут располагаться полностью или частично на уклонах. Сложные условия расположения сортировочных парков, вытяжек, соединяющих парки отправления и сортировки, не обеспечивают благоприятные условия для формирования сборных и групповых поездов.

Прежде чем определить необходимое количество путей и их длину на станциях участка, где организовано движение грузовых поездов увеличенной длины, необходимо определить характер поездопотока и его характер. Большое влияние на работу участка и отдельных пунктов на нем оказывает нерегулярность потока грузовых и пассажирских поездов [9].

Такие факторы, как большое количество пассажирских поездов, организация ремонтных работ по текущему содержанию пути, устройств контактной сети и СЦБ, оказывают сильное влияние на неравномерность грузового поездопотока.

На технологический процесс работы технических и промежуточных станций участка, а также на пропускную способность всего участка существенно оказывает влияние неравномерность поездопотока. Для уменьшения такого влияния на отдельных пунктах необходимо предусмотреть дополнительные пути.

Были проанализированы графики исполненного движения поездов по одному из участков главного хода Красноярской железной дороги в обоих направлениях для определения основных направлений решения вышеназванных проблем и задач [10].

Такие факторы, как интервалы прибытия на отдельные пункты и длина грузовых поездов, были приняты за основные, которые и описывают грузовой поездопоток участка.

В основном интервалы прибытия длиннооставных поездов на станции участка зависят от: количества и интенсивности пассажирских поездов; порядка приема; отправления и пропуска грузовых поездов увеличенной длины; наличия на отдельных пунктах удлиненных путей для остановки под обгон пассажирскими. Технология работы станции по пропуску грузовых поездов повышенной длины устанавливается с учетом требований инструкций [11].

На рис. 1 и 2 изображено влияние количества грузовых поездов на интервалы поступления грузового поездопотока на отдельные пункты участка Красноярской железной дороги.

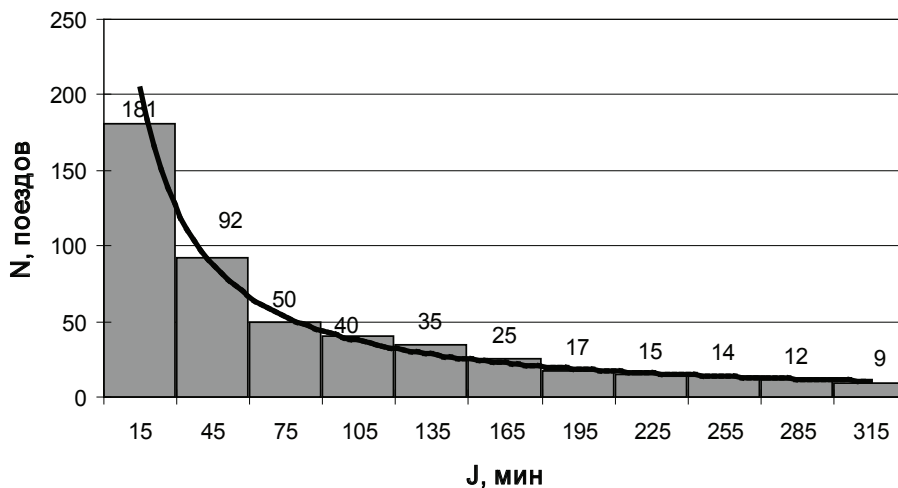


Рис. 1. Статистика интервалов прибытия четных грузовых поездов на станции участка

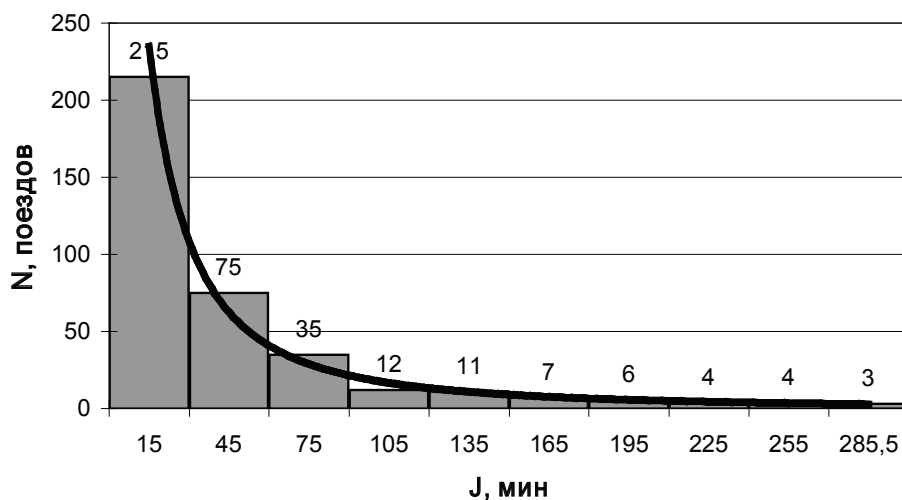


Рис. 2. Статистика интервалов прибытия нечетных грузовых поездов на станции участка

Параметры распределения длин грузовых поездов и интервалов прибытия грузовых поездов на отдельные пункты участка необходимы для создания модели работы участка. Были проанализи-

зированы более 1700 интервалов прибытия и длин поездов.

На рис. 3 и 4 представлено графическое изображение результатов обработки статистического материала.

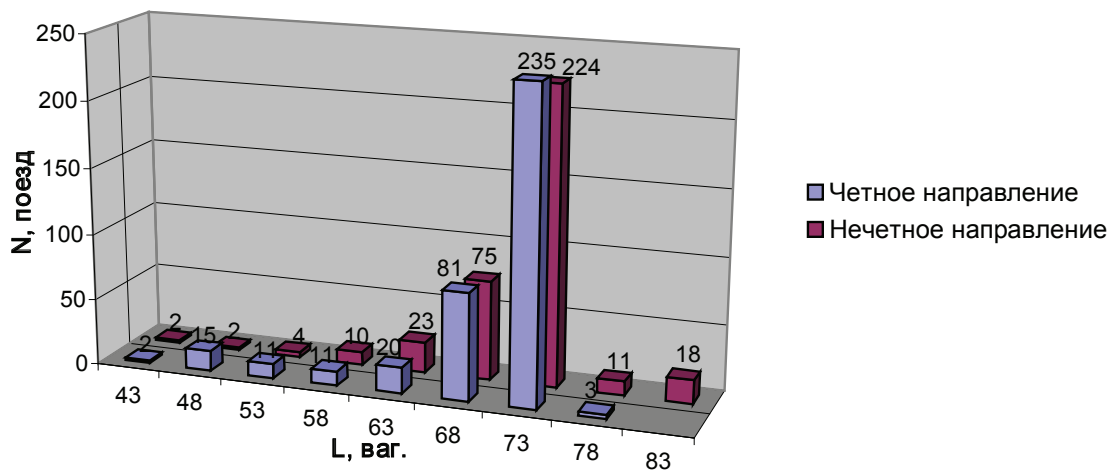


Рис. 3. Распределение длин грузовых поездов по направлениям

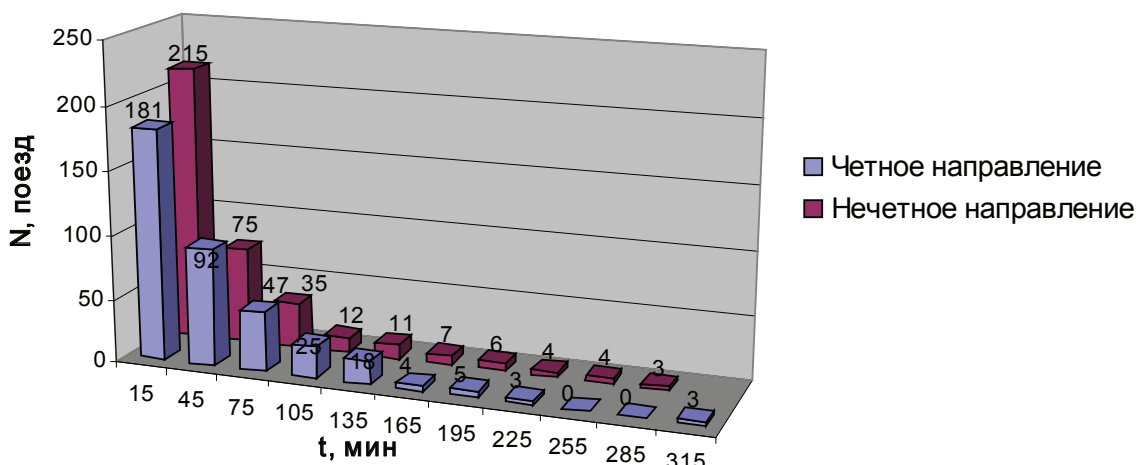


Рис. 4. Статистика интервалов поступления грузовых поездов на станции участка

Основные статистические параметры распределения количества вагонов в составах грузовых поездов:

- m – среднее количество вагонов в грузовом поезде;
 - σ_m – среднее квадратическое отклонение;
 - v_m – коэффициент вариации.
- Расчетные данные приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Данные распределения количества вагонов в составах грузовых поездов по направлениям

Направление	m , ваг	σ_m	v_m
четное	70	6,7	0,098
нечетное	71	5,6	0,080

Как показывает анализ распределения, свыше 84 % грузовых поездов имеют длину более 65 вагонов в четном направлении и более 88 % поездов нечетного направления имеют такую же длину. В нечетном направлении в грузовых поездах среднее число вагонов составляет 70 условных единиц, а в четном – всего на один условный вагон меньше. Эти данные подтверждаются коэффициентом вариации 8,9.

Расчеты главных параметров распределения интервалов поступления грузовых составов на технические раздельные пункты представлены в табл. 2.

Около 72 % поездов четного направления прибывают с интервалом менее 30 минут, а в нечетном направлении этот показатель составляет 78 %. С учетом предоставления «окон» и согласно анализу исполненного графика движения поездов, в среднем грузовые составы прибывают на технические станции каждые 45 минут, как в четном, так и в нечетном направлении. Причем коэффициент вариации очень высокий и составляет 0,989.

Т а б л и ц а 2

Распределение интервалов прибытия грузового поездопотока на технические станции участка

Направление	Средний интервал поступления грузовых поездов на технические станции, I , мин	Среднее квадратическое отклонение, σ_I	Коэффициент вариации, v_I
четное	45	49,3	0,998
нечетное	45	53,7	0,98

Определение величины и количества задержек грузовых поездов по участку

Была создана модель работы железнодорожного участка при пропуске грузовых поездов повышенной длины для определения и оценки продолжительности задержек. При этом были приняты во внимание мощность путевого развития промежуточных раздельных пунктов (количество и длина приемоотправочных путей), время хода по перегонам, количество станций на участке, объем поездопотока и соотношение времени хода пассажирских и грузовых поездов. Полное описание модели приведено в [11–13].

В процессе разработки модели технические устройства участка формализовались в нескольких стадиях:

1. Разделение на компоненты.
2. Отображение этих компонентов в терминологии теории взаимосвязи.

При разделении железнодорожного участка на компоненты главными аспектами являлись:

- наименьшее число компонентов;



– соответствие числа компонентов для достаточного отображения имеющейся пропускной способности.

Необходимо выбрать наиболее важные грузовые потоки для изучения процессов взаимодействия смежных элементов станции и горловины, компонентов самой горловины и их влияния на пропускную способность раздельного пункта. К определяющим для модели работы железнодорожного участка отнесены следующие основные характеристики поездопотоков:

- 1) грузовые поезда повышенной длины;
- 2) поезда установленной длины;
- 3) грузовые поезда повышенной длины, сформированные из порожних вагонов;
- 4) пассажирский поездопоток.

На пропускную способность всех элементов железнодорожного участка выделенные поездопотоки имеют огромное влияние, и вызвано это тем, что они являются достаточно мощными. В работе [14] были определены законы распределения, которыми описывается неравномерность работы железнодорожного участка при работе с грузовым поездопоток. Было выбрано несколько вариаций параметров характеристик каждого потока для реализации их в модели.

В предлагаемой модели использованы «случайные числа» для полного воссоздания неустойчивости времени разных операций технологических процессов и отображения неравномерности поездопотоков. Моделируются «усеченные» законы распределения путем задания возможных максимальных и минимальных значений случайной величины. Таким образом, определяется случайное число, которое выявляет величину емкости, момент поступления заявки на обслуживание и время занятия элемента в зависимости от конкретных условий и задач.

За счет замедления менее значимых потоков перед более важными в конкретной ситуации возникает управление потоками. Предельно допустимой величиной задержки $t_{\text{пред}}^{\text{доп}}$ определяется степень организации потока. Если поток проходит по участку при достигнутом управлением уровне, то $t_{\text{пред}}^{\text{доп}} = 0$.

В соответствии с временем поступления заявки и со степенью срочности ее выполнения, т. е. если $t_{\text{пред}}^{\text{доп}} > 0$, заявка ставится на обслуживание в оперативную очередь. В работе модели время допустимой величины менялось в пределах от 0 до 60 минут.

Ожидание заявок на очереди на обслуживание ограничено благоразумным пределом, в связи с этим работа имитационной модели направлена на отражение значимости взаимодействий в управленческой деятельности.

На промежуточных станциях участка грузовые поезда повышенной длины могут останавливаться не только под пропуск пассажирских поездов, но и из-за технической или коммерческой неисправности подвижного состава.

Таким образом, учитывая вышесказанное, необходимо установить, будет ли влиять на пропускную способность участка в целом или отдельного перегона вероятность задержки длиннооставного грузового поезда на промежуточной станции по неисправности подвижного состава. Согласно [14], часть суточного резервного времени, которое используется при отказах постоянных устройств и подвижного состава, для пропуска грузовых поездов учитывается нормативным коэффициентом надежности α_n . При расчете пропускной способности двухпутных перегонов и участка в целом, оборудованного автоблокировкой, при электрической тяге коэффициент надежности, с учетом отказов постоянных устройств, принимается равным 0,95. В процессе работы имитационной модели необходимо учитывать, если вероятность задержек на промежуточных раздельных пунктах длиннооставных поездов по неисправности подвижного состава может повлиять на показание коэффициента надежности.

Вероятность задержек грузовых поездов рассчитывается как отношение количества отцепок при остановках за отчетный период (в данном случае за год) к общему количеству проходящих через раздельный пункт поездов за тот же период:

$$B = \frac{K_{\text{отц.}}}{N_{\text{год}}},$$

где $K_{\text{отц.}}$ – количество отцепок при остановках за расчетный период;

$N_{\text{год}}$ – количество поездов (пар поездов), проходящих через раздельный пункт за год.

Все необходимые данные для расчета вероятности определяются по исполненному графику движения поездов.

Время поступления заявки совпадает с начальным моментом работы первого элемента в технологической цепи. С помощью таблиц взаимосвязей операций технологического процесса в процессе работы имитационной модели определяется момент поступления заявок внутренних категорий. Таким образом, начальный момент следующего элемента определяется как сумма начального момента времени предыдущего элемента



($t_{\text{пред}}^H$) и интервала времени от начального момента работы следующего элемента по отношению к этому же моменту предыдущего элемента ($t_{\text{сдв}}$), т. е.

$$t_{\text{посл}}^H = t_{\text{пред}}^H + t_{\text{сдв}}.$$

Если следующий и предыдущий элементы занимают одновременно, то $t_{\text{сдв}} = 0$. Это возможно, когда момент начала занятия входного элемента совпадает с временем занятия выходного элемента. Например, при приготовлении заранее маршрута пропуска поезда.

Продолжительность выполнения технологических операций – величина непостоянная и зависящий от многих параметров, таких как длина и масса поезда, от состояния технических и постоянных устройств, и немаловажным фактором является квалификация работников, выполняющих ту или иную операцию. В связи с этим время занятости элемента можно задавать и параметрами закона распределения случайных чисел.

Заявки имеют разные степени срочности, в зависимости от категории. Заявки с низшей степенью являются второстепенными перед заявками с высшей степенью. Считается, что если момент начала операции отстает от данного момента моделирования более чем на глубину действия, которая начинается от текущего момента моделирования, то заявка имеет меньшую степень срочности. Если один элемент занимается заявками с разными степенями срочности одновременно, то приоритет отдается заявке с высшей степенью срочности.

Увеличение загрузки элемента дополнительными операциями приводит к изменению его пропускной способности. В модели используется фиктивный элемент для имитации безграничного выхода. Даже если этот базисный элемент занимался предыдущей заявкой, то он все равно будет считаться свободным. При замене фиктивного элемента базисным на нем регистрируется занятость разными движениями.

При внесении информации в расписание поступления заявок по входам приводятся данные о времени поступления заявок всех категорий и об интервалах между ними. С учетом поступивших заявок по категориям вводятся (2) расписание данные об интервалах поступления между моментами появления заявок одинаковых категорий. В любом случае составляется вспомогательная таблица совокупности категорий видов и входов. В соответствии с технологией работы станции устанавливается ограничение на число заявок в ожидании той или иной категории.

Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Продолжительность стоянок и их количество напрямую зависит от увеличения расстояния между раздельными пунктами, где планируется или осуществляется обгон.

Основное влияние на продолжительность и количество стоянок оказывает объем поездопотока. С ростом последнего увеличиваются количество и продолжительность стоянок. Причем чем больше длинносоставных поездов на участке, тем интенсивнее этот прирост. Функциональная зависимость между этими величинами нелинейная.

Величина стоянок грузовых поездов уменьшается в 1,4 раза, а количество стоянок грузового поездопотока увеличивается на эту же величину при увеличении объема пассажирского поездопотока на 40 % [15, 16].

Все промежуточные станции участка должны иметь минимум два приемоотправочных пути длиной не менее 1050 м, если количество длинносоставных грузовых поездов составляет свыше 55 поездов в сутки. Причем если между раздельными пунктами с удлиненными путями расстояние менее 60 км, то количество «длинных» приемоотправочных путей необходимо увеличить до трех [15–18].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитренко А.В. Выбор полезной длины станционных путей двухпутных железнодорожных линий // Вопросы эксплуатации Байкало-Амурской магистрали : межвуз. сб. науч. тр. Вып. 192/5. Новосибирск, 1978. С. 35–41.
2. Дмитренко А.В., Быкова Ю.В. Оценка влияния пропуска длинносоставных грузовых поездов на провозную способность горловин участковых станций // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог : сб. тр. Новосибирск, 2004. С. 46–51.
3. Плахотич С.А. Проблемы увеличения массы и длины поездов и их пропускная способность на железнодорожном транспорте // Развитие управления перевозочным процессом и транспортной логистикой : сб. науч. тр. Екатеринбург : УрГУПС, 2009. С. 125–133.
4. Плахотич С.А. Пропускная способность двухпутных участков в условиях обращения грузовых поездов различной массы и длины // Вестник УрГУПС. 2010. № 2. С. 25–36.
5. Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Куныгина Л.В. Совершенствование схем и технологии работы решающих технических и грузовых станций Восточного полигона // Современные подходы к управлению на транспорте и в логистике : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. М., 2016. С. 52–56.



6. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. М. : Техинформ, 2001. 255 с.
7. Болотный В.Я., Брехов М.К. Переустройство железнодорожных станций. М. : Транспорт, 1982. 174 с.
8. Ветухов Е.А. Резервы железнодорожных станций. М. : Транспорт, 1971. 45 с.
9. Фуфачева М.В. Анализ работы Красноярской железной дороги по пропуску длинносоставных поездов // Вестник инженеров электромехаников ж.д. транспорта : сб. ст. Вып. 1. Самара, 2003. С. 210–213.
10. Инструкция об организации обращения грузовых поездов повышенного веса и длины на железных дорогах Российской Федерации. М. : Трансинфо, 2001. 32 с.
11. Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Фуфачева М.В. Развитие методов этапного овладения перевозками на двухпутных линиях при обращении длинносоставных грузовых поездов. Магнитогорск, 2012. 144 с.
12. Иванкова Л.Н., Иванков А.Н., Фуфачева М.В. Учет задержек длинносоставных поездов под обгонами при выборе оптимальной этапности удлинения станционных путей // Железнодорожный транспорт. 2008. №2. С. 24–26.
13. Иванков А.Н. Иванков А.Н., Фуфачева М.В. Определение задержек грузовых поездов на промежуточных станциях участка // Вестник ИрГТУ. 2011. № 2 (49). С. 92–96.
14. Иванкова Л.Н. Оценка задержек поездов на подходах к реконструируемым станциям / Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков, Л.В. Куныгина. Деп. ВИНТИ 18.01.2017, № 9 В2017.
15. Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Иванков А.Н. Совершенствование транспортно-экспедиционного обслуживания грузовладельцев. Иркутск : Изд-во ИрГУПС, 2011. 176 с.
16. Гозбенко В.Е., Оленцевич В.А. Повышение безопасности работы железнодорожной транспортной системы на основе автоматизации технологии размещения и крепления груза в вагоне // Известия Транссиба. 2013. № 1 (13). С. 110–116.
17. Гозбенко В.Е. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажиро и грузопотоков / В.Е. Гозбенко и др. Деп. ВИНТИ 17.04.2008, № 330–В2008.
18. Simulation of the vibration of the carriage asymmetric parameters in mathcad / V.E. Gozbenko et al. // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 23. С. 11132–11136.

REFERENCES

1. Dmitrenko A.V. Vybór poleznoi dliny stantsionnykh putei dvukhputnykh zheleznodorozhnykh linii: sb. tr. Vyp. 192/5 [The choice of the useful length of station tracks of double-track railway lines: a collection of works. Issue 192/5]. Novosibirsk Institute of Transportation Engineers. Novosibirsk, 1978, pp. 35-41.
2. Dmitrenko A.V., Bykova Yu.V. Otsenka vliyaniya propuska dlinnosostavnykh gruzovykh poezdov na provoznyuyu sposobnost' gorlovin uchastkovykh stantsii: sb. tr. [Assessment of the effect of the passage of long-haul freight trains on the carrying capacity of the necklines of district stations: a collection of works.]. V sb. *Sovershenstvovanie ekspluatatsionnoi raboty zheleznnykh dorog [In the coll. "Improving the Operational Work of Railways"]*. Novosibirsk, 2004, pp. 46-51.
3. Plakhotich S.A. Problemy uvelicheniya massy i dliny poezdov i ikh propusknaya sposobnost' na zheleznodorozhnom transporte: sb. nauch. tr. [The problems of increasing the mass and length of trains and their throughput in railway transport: a collection of scientific papers]. Razvitie upravleniya perevozhnyim protsessom i transportnoi logistikoi [Development of traffic management and transport logistics]. Ekaterinburg: UrGUPS Publ., 2009, pp. 125-133.
4. Plakhotich S.A. Propusknaya sposobnost' dvukhputnykh uchastkov v usloviyakh obrashcheniya gru-zovykh poezdov razlichnoi massy i dliny: sb. nauch. tr. [The capacity of double-track sections in terms of the circulation of freight trains of various weights and lengths: a collection of scientific papers]. *Vestnik UrGUPS [Herald of the Ural State University of Railway Transport]*. Ekaterinburg: UrGUPS Publ., 2010, No.2, pp. 25-36.
5. Ivankova L.N., Ivankov A.N., Kunygina L.V. Sovershenstvovanie skhem i tekhnologii raboty reshayushchikh tekhnicheskikh i gruzovykh stantsii Vostochnogo poligona: sb. nauch. tr. [Improvement of the schemes and technology of work of the important technical and cargo stations of the Eastern Polygon: a collection of scientific papers]. V sb. *Sovremennye podkhody k upravleniyu na transporte i v logistike. Sbornik materialov Vserossiiskoi nauchno- prakticheskoi konferentsii [In the coll. Modern approaches to the management of transport and logistics. Collection of materials of the All-Russian Scientific Practical Conference]*, 2016, pp. 52-56.
6. Pravila i tekhnichesknie normy proektirovaniya stantsii i uzlov na zheleznnykh dorogakh kolei 1520 mm [Rules and technical standards for designing stations and nodes in 1520 mm gauge railways]. Moscow: TEKhINFORM Publ., 2001, 255 p.
7. Bolotnyi V.Ya., Brekhov M.K. Pereustroistvo zheleznodorozhnykh stantsii [Reconstruction of railway stations]. Moscow: Transport Publ., 1982, 174 p.
8. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchetom moshchnosti passazhiro i gruzopotokov [Methods of forecasting and optimizing the transport network, taking into account the capacity of passenger and freight traffic flows]. Deposited manuscript No. 330-V2008 17.04.2008.
9. Vetukhov E.A. Rezervy zheleznodorozhnykh stantsii [Reserves of railway stations]. Moscow: Transport Publ., 1971, 45 p.
10. Fufacheva M.V. Analiz raboty Krasnoyarskoi zheleznoi dorogi po propusku dlinnosostavnykh poezdov: sb. st. Vyp.1 [Analysis of the work of the Krasnoyarsk Railway by passing long trains: a coll. of papers. Issue 1]. *Vestnik inzhenerov elektromekhanikov zh.d. transporta [Bulletin of railway transport engineers-electricians]*. Samara, 2003, pp. 210-213.
11. Instruktziya ob organizatsii obrashcheniya gruzovykh poezdov povyshennogo vesa i dliny na zheleznnykh dorogakh Rossiiskoi Federatsii [Instructions on the organization of circulation of freight trains of increased weight and length on the railways of the Russian Federation]. Moscow: Transinfo Publ., 2001, 32 p.
12. Gozbenko V.E., Kripak M.N., Ivankov A.N. Sovershenstvovanie transportno-ekspeditzionnogo obsluzhivaniya gruzovladel'tsev [Improvement of freight forwarding services for cargo owners]. Irkutsk, 2011.
13. Gozbenko V.E., Olenцевич V.A. Povyshenie bezopasnosti raboty zheleznodorozhnoi transportnoi sistemy na osnove avtomatizatsii tekhnologii razmeshcheniya i krepneniya gruzov v vagonakh [Improving the safety of the railway transport system based on the automation of the technology of placing and securing cargo in the car]. *Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]*, 2013, No. 1 (13), pp. 110-116



14. Ivankova L.N., Ivankov A.N., Fufacheva M.V. Razvitiye metodov etapnogo ovladeniya perevozkami na dvukhputnykh liniyakh pri obrashchenii dlinnosostavnykh gruzovykh poezdov: monografiya [Development of methods of staged mastering of transportation in double-track lines when handling long-haul freight trains: a monograph]. Magnitogorsk, 2012, 144 p.
15. Ivankova L.N., Ivankov A.N., Fufacheva M.V. Uchet zaderzhek dlinnosostavnykh poezdov pod obgonami pri vybore optimal'noi etapnosti udlineniya stantsionnykh putei [Accounting for delays of long trains under overtaking when choosing the optimal phasing of lengthening station tracks]. Zheleznodorozhnyi transport Publ., 2008, No.2, pp. 24-26.
16. Ivankov A.N., Ivankova L.N., Fufacheva M.V. Opredelenie zaderzhek gruzovykh poezdov na promezhutochnykh stantsiyakh uchastka [Determination of delays of freight trains at intermediate stations of the section]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Proceedings of Irkutsk State Technical University], 2011, No.2 (49), pp. 92-96.
17. Ivankova L.N. Ivankov A.N., Kunygina L.V. Otsenka zaderzhek poezdov na podkhodakh k rekonstruiuemym stantsiyam [Estimation of train delays at approaches to stations under reconstruction]. Deposited manuscript No. 9-V2017. 18.01.2017.
18. Simulation of the vibration of the carriage asymmetric parameters in mathcad / V.E. Gozbenko et al. // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. T. 11. № 23. С. 11132–11136.

Информация об авторах

Authors

Фуфачева Марина Валерьевна - к. т. н., доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог», Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, e-mail: fufacheva_mv@krsk.irkups.ru

Fufacheva Marina Valer'evna - Ph.D. in Engineering Sciences, Assoc. Prof. of the Subdepartment of Railway Operation, Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, a branch of the Federal State Institution of Higher Education "Irkutsk State Transport University", Krasnoyarsk, e-mail: fufacheva_mv@krsk.irkups.ru

Для цитирования

Анализ задержек подвижного состава при организации пропуска по участку длинносоставных поездов / М. В. Фуфачева // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2018. - Т. 60, № 4. - С. 79–87. - DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).79-87

For citation

Fufacheva M. V. Analysis of delays of the rolling stock in the organization of handling long-component trains in a section [Analysis of delays of the rolling stock in the organization of handling long-component trains in a section]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2018, Vol. 60, No. 4, pp. 79–87. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).79-87

УДК 621.33

DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).87-92

Е. Ю. Дульский, И. О. Лобыцин, Е. А. Милованова, П. Ю. Иванов

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация
 Дата поступления: 26 сентября 2018 г.

ПРОБЛЕМА НАДЕЖНОСТИ КОЖУХОВ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ СЕРИИ «ЕРМАК»

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы проблемы надежности механической части при эксплуатации электровозов серии «Ермак». Предметом исследования стал кожух зубчатой передачи в металлическом исполнении электровоза серии «Ермак», исправность которого зависит, в большей степени, от жесткости пути. Расположение кожуха зубчатой передачи на электровозе определяет его условия эксплуатации, при которых высокий уровень внешних нагрузок неизбежен. Одним из основных параметров, определяющих техническое состояние кожуха, является его целостность и недопущение образования трещин. Анализ повреждений элементов конструкции кожуха зубчатой передачи показывает, что самой распространенной их причиной является образование трещин на поверхности кожуха, которые могут привести к частичному или полному разрушению кожуха зубчатой передачи. В результате возможно повреждение самой зубчатой передачи и колесно-моторного блока в целом. В случае образования трещин на поверхности кожуха происходит его отправка на неплановый ремонт.

Для предотвращения образования трещин на кожухе зубчатой передачи предложено применение систем автоматического проектирования с целью создания и анализа методом конечных элементов твердотельной объемной модели кожуха зубчатой передачи. Предложенная система обеспечит выяснение причин образования трещин и позволит внести предложения для их предотвращения. Статья представляет интерес для специалистов в области ремонта и технического обслуживания механической части электроподвижного состава железных дорог.

Ключевые слова: кожух зубчатой передачи, анализ надежности.

E. Yu. Dul'skii, I. O. Lobytsin, E. A. Milovanova, P. Yu. Ivanov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation
 Received: September 26, 2018

THE PROBLEM OF RELIABILITY OF GEAR TRANSMISSION CASINGS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES OF THE "ERMAK" SERIES