

О СПОСОБЕ РАСЧЁТА И ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ СО СМЕШАННЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Доктор техн. наук **Покровская О.Д.**,
аспирант **Марченко М.А.**

(Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I)

METHOD OF CALCULATING AND INCREASING CAPACITY ON MIXED TRAFFIC RAILWAY LINES

O.D. Pokrovskaya, Doctor (Tech.),
M.A. Marchenko, Postgraduate

(Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University)

Аннотация. Целью статьи является способ расчёта пропускной способности железнодорожной линии со смешанным движением с помощью общеизвестных аналитических формул и имитационного моделирования с дальнейшей оптимизацией целевой функции. Это необходимо для возможности максимального использования пропускной способности железнодорожных линий и, как следствие, оптимизации эксплуатационных расходов на обслуживание инфраструктуры и подвижного состава, а также возможности повышения маршрутной скорости движения поездов, что позволит улучшить качество обслуживания пассажиров. В качестве методов использовались аналитические преобразования общеизвестной формулы пропускной способности для возможности имитационного моделирования движения поездов, которое было применено в целях проверки аналитической формулы на соответствие расписанию движения скоростных и пассажирских поездов по расчётному железнодорожному перегону, а также предложена целевая функция оптимизации в целях повышения наличной пропускной способности. В результате была построена имитационная модель существующей железнодорожной линии Москва - Санкт-Петербург, в результате моделирования движения скоростных и пассажирских поездов серьёзных отклонений от общеизвестных формул на конкретном железнодорожном полигоне выявлено не было. Путём оптимизации целевой функции был рассмотрен вариант по снижению межпоездного интервала и как следствие повышения наличной пропускной способности. Практическая значимость заключается в возможности при помощи имитационной модели корректировать расчёты по наличной пропускной способности, а также путём изменения входных данных добиваться повышения пропускной способности и подтверждать её путём имитационного моделирования.

Abstract. The purpose is to determine a method for calculating the capacity of a mixed-traffic railway line using well-known analytical formulas and simulation modeling with further optimization of the objective function. This is necessary in order to maximize the use of the capacity of railway lines and, as a result, to optimize the operating costs of maintaining infrastructure and rolling stock, as well as the possibility of increasing the route speed of trains, which will improve the quality of passenger service. As methods, analytical transformations of the well-known formula for carrying capacity were used for the possibility of simulating the movement of trains, which was applied in order to check the analytical formula for compliance with the schedule of movement of high-speed and passenger trains on the calculated railway line, and also a target optimization function was proposed in order to increase the available capacity ... As a result, a simulation model of the existing Moscow - St. Petersburg railway line was built; as a result of modeling the movement of high-speed and passenger trains, no serious deviations from the well-known formulas were revealed at a particular railway site. By optimizing the objective function, an option was considered to reduce the inter-train interval and, as a consequence, to increase the available capacity. The practical significance lies in the possibility, using a simulation model, to adjust the calculations for the available throughput, as well as, by changing the input data, to achieve an increase in throughput and confirm it by means of simulation.

Ключевые слова: железнодорожный полигон, пассажирское железнодорожное движение, аналитические формулы, имитационное моделирование, целевая функция.

Keywords: railway polygon, passenger railway traffic, analytical formulas, simulation, objective function.

Введение

Целью исследования является способ расчета пропускной способности железнодорожной линии со смешанным движением. Смешанное движение – такой тип организации движения поездов, при котором по одной железнодорожной линии следуют поезда различных категорий [1]. В данной задаче это движение пассажирских поездов с различными скоростями (скоростных и пассажирских). Очевидно, что в процессе такого дви-

жения возникают многочисленные обгоны, например, скоростными поездами пассажирских. Кроме того, в графике движения обязательным образом предусматриваются технологические окна в целях технического обслуживания и ремонта железнодорожной инфраструктуры (верхнего строения пути, устройств автоматики и контактной сети) [2]. Все вышеперечисленные факторы сказываются на наличной пропускной способности железнодорожного полигона, расчёт которой в настоящее время в основном производится по аналити-

ческим формулам, которые обладают определённой неточностью, поскольку не учитывают всех аспектов, влияющих на железнодорожное движение. В этом и заключается актуальность данной статьи. Целью является имитационное моделирование движения поездов по железнодорожной линии с целью определения и анализа наличной пропускной способности, а затем корректировки существующих формул путём введения коэффициента имитационного моделирования, являющегося научной новизной.

Анализ научной литературы по теме исследования

Подобная проблема ранее уже была рассмотрена в некоторых работах. Например, в статье, опубликованной во втором выпуске 2021 г. журнала «Железнодорожный транспорт» А.Ф. Бородиным, Г. Г. Горбуновым, А.Ю. Соколовым, А. Е. Смирновым и др. В ней идёт речь об использовании пропускной способности станций и её повышении путём внедрения интервального регулирования движения поездов. Работа демонстрирует полную классификацию систем интервального регулирования движения поездов и описание их влияния на межпоездные и станционные интервалы. Приведена также схема имитационной модели, моделирующей работу железнодорожной станции и позволяющей проводить построение моделей графиков движения поездов. Недостатком статьи является отсутствия анализа аналитических формул, позволяющих визуально увидеть влияние конкретного фактора на изменение интервалов и следовательно наличной пропускной способности [3].

Похожая проблема описывалась в статье, опубликованной во втором выпуске 2021 г. журнала «Железнодорожный транспорт». Г. А. Зуев и А. Г. Савицкий рассматривали проблему интервального регулирования движения поездов. Целью их работы также являлась итоговое повышение пропускной способности железнодорожных линий, однако методы их работы заключались в изменении технических и организационно-технологических мероприятий пропуска составов. Например, изменение и переход к новому типу графика движения, числа приёмоотправочных путей, анализ и корректировка в оперативном режиме исполненного графика движения поездов и очерёдности замыкания/размыкания секций на маршрутах приёма и отправления поездов. Данные методы являются достаточно эффективными для анализа и повышения пропускной способности железнодорожных линий, но требуют большой продолжительности времени на сбор и анализ необходимой информации. Более того, получить итоговые данные можно лишь путём аналитических расчётов, которые могут оказаться менее точными в сравнении с данными, полученными в результате имитационного моделирования. В статье также поднимается вопрос повышения пропускной способности на линии МЦК в Москве за счёт внедрения гибридной системы интервального регулирования движения поездов с использованием радиоканала. Было также выполнено имитационное моделирование движения электропоездов, но автором не были рассмотрены аналитические зависимости и проанализированы факторы, так или иначе оказывающие непосредственное влияние на пропускную способность железнодорожной линии. Помимо этого, рассматривался схожий вопрос расчёта и нахождения пропускной способности железнодорожной линии с двухпутными участками.

В настоящей статье проведено описание методов определения пропускной способности железнодорожных полигонов, приведены аналитические формулы расчёта пропускной способности и описаны условия ограничения пропускной способности и невозможность встречного движения на перегоне грузового и высокоскоростного поезда. Кроме того, предложен новый способ прокладки ниток графика, в результате чего появилась возможность пропустить большее число поездов. Однако не было проведено имитационное моделирование движения поездов, в результате чего в определении пропускной способности по данному графику могли возникать погрешности [4].

Помимо вышеперечисленных источников, вопрос имитационного моделирования железнодорожного движения рассматривался в зарубежных изданиях. В работах [5-14] предложен инструмент логистического нормирования при проектировании и моделировании работы терминально-складской инфраструктуры на железных дорогах. В работах [15-20] изучаются вопросы экономической составляющей и логистического сопровождения перевозочных процессов.

В данной работе выполнен анализ аспектов, от которых находится в прямой зависимости пропускная способность железнодорожной линии. Помимо этого, посредством имитационного моделирования в программном комплексе AnyLogic подтверждена достоверность полученных аналитических вычислений с целью выявления отклонений от данных, полученных по расчётным формулам.

Построение имитационной модели железнодорожного полигона

Имитационное моделирование выполняем в программном комплексе AnyLogic. Основой для модели служат данные расписания движения поездов. Имитационную модель строим отдельно для чётного и нечётного направлений. Расстояния между промежуточными железнодорожными станциями определяем согласно [21-25].

Методика имитационного моделирования, как известно, применима и при анализе сортировочной работы, и при расчете жизненного цикла элементов железнодорожного транспорта [26-31].

Построение производим в железнодорожной библиотеке, часть блоков используем из библиотеки моделирования процессов. Начинаем с построения полигона с помощью железнодорожного пути, далее точками железнодорожного пути размечаем на нём отдельные пункты, на которых делают остановку дальние и скоростные поезда. Поскольку в силу особенностей программного комплекса привести в масштаб длину полигона не представляется возможным, было принято решение сделать его длину эквивалентной 17,75 м, в качестве единиц модельного времени использовать миллисекунды, а крейсерскую скорость скоростного поезда, следующего без остановок от начальной до конечной станции определить в соответствии с расписанием движения поездов, эквивалентную ей маршрутную пересчитать через коэффициент модельной скорости, и относительно неё определять участковые скорости поездов дальнего следования.

На рис. 1 приведена схема железнодорожного полигона Москва – Санкт-Петербург в программном комплексе AnyLogic.

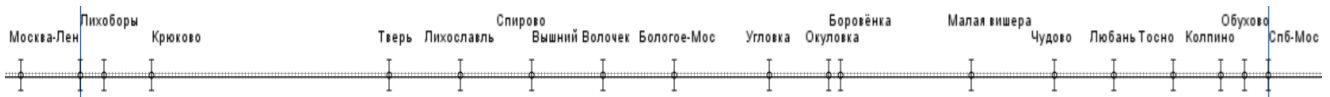


Рис. 1. Схема железнодорожного полигона Москва – Санкт-Петербург в программном комплексе AnyLogic

Построение блочной структуры модели начинаем с блока железнодорожной библиотеки trainSource, отвечающего за появление поездов на железнодорожном пути. Для разветвления моделируемых процессов используем блок selectOutput библиотеки моделирования процессов. Первым строим назначение поезда «Сапсан» под номером 752а, следующего из Москвы в Санкт-Петербург за 3 ч 30 мин. Для следования поезда в необходимую точку используем блок trainMoveTo из железнодорожной библиотеки. В конце используем блок trainDispose из железнодорожной библиотеки, означающий завершение процесса. Для сбора статистики по времени перемещения поезда помещаем блоки timeMeasureStart и timeMeasureEnd библиотеки моделирования процессов между соответственно блоками

selectOutput и trainMoveTo, а также между trainMoveTo и trainDispose. После этого добавляем гистограмму и указываем в ней в качестве источника данных распределение по блоку timeMeasureEnd. В случае, если нам необходимо смоделировать остановку на промежуточной станции, в блоке trainMoveTo указываем нужную точку на железнодорожном пути, после чего используем блок delay, где в поле «время задержки» указываем значение из расчёта 5 миллисекунд = 1 минута стоянки. Аналогичным образом производим построение всех назначений скоростных и дальних поездов для каждого направления в отдельности. Все блоки соединяем при помощи соединителей connector. На рис. 2 показана блочная часть имитационной модели железнодорожного полигона.

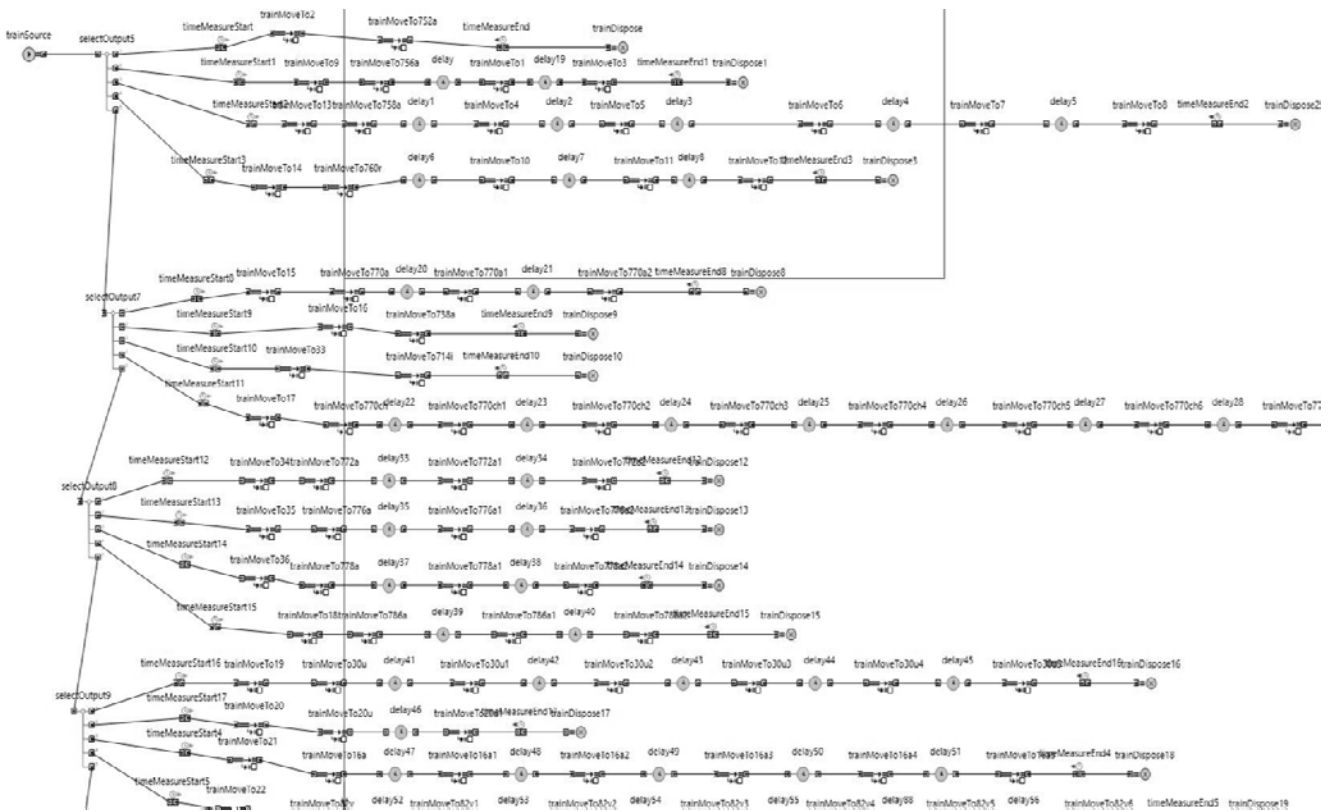


Рис. 2. Блочная часть имитационной модели железнодорожного полигона

Распределение моделируемых потоков по назначениям производим вручную. Для этого вводим переменную trainSizeWithLoco с целочисленным значением (int), изменение которого производим в поле editbox, вводя целочисленное значение вручную. Далее в каждом блоке selectOutput используем распределение по условию, которое затем прописываем в виде функции

$$\text{entity.size() = } j,$$

где j – значение от 1 до p ;

p – количество назначений.

Сбор статистики по времени проследования поездов после анализа аналитических формул будем производить на основе данных гистограмм.

Анализ аналитических формул

Проанализируем общеизвестную аналитическую формулу расчёта наличной пропускной способности [2]:

$$N_{\text{нал}} = \frac{(1440 - t_{\text{мехн}})}{I_p} \cdot \alpha_n, \quad (1)$$

где $t_{\text{мехн}}$ – норматив времени на текущий ремонт и обслуживание инфраструктуры;

I_p – межпоездной интервал;

α_n – коэффициент надёжности работы инфраструктуры и подвижного состава, принимаем равным 0,96 [2].

Межпоездной интервал формулы (1) определяем по формуле 2: [2]

$$I_p = \frac{0,5 \cdot L_{n2} + L_{\bar{a}n1} + L_{\bar{a}n2} + 0,5 \cdot L_{n1}}{V_{cp} \cdot 16,7} + t_g; \quad (2)$$

где L_{n1} , L_{n2} – длина соответственно впереди и позади идущего поезда;

L_g – расстояние, проходимое вторым поездом в течение временного промежутка, который необходим для восприятия машинистом сигнала ближайшего светофора;

$L_{\bar{a}n1}$, $L_{\bar{a}n2}$ – длина соответственно первого и второго по счёту блок-участков относительно впереди идущего поезда;

V_{cp} – скорость следования по блок – участкам;

t_g – время, необходимое на восприятие изменения показания светофора, принимаем 0,05 мин.

Пуём имитационного моделирования определяем величину расчётного межпоездного интервала I_p , изменяя показатель средней скорости следования поезда по блок-участкам. Для получения данного значения используем расписание следования пассажирских и скорых поездов между станциями Москва-Пассажирская и Санкт-Петербург-Главный на 14 января 2022 г. Эта дата выбрана как наиболее оптимальная в плане транспортного сопротивления. Ниже в таблице представлено движение поездов между данными станциями [21].

Исходя из времени отправления и прибытия поездов с начальной на конечную станцию, а также с учётом промежуточных стоянок с целью посадки/высадки пассажиров, определяем среднюю маршрутную скорость поезда на каждом из участков полигона по приведённой ниже формуле 3:

$$V_m = \frac{L_{пол} \cdot 1000}{t_m \cdot 3600}; \quad (3)$$

где $L_{пол}$ – длина железнодорожного полигона Москва-Санкт-Петербург, принимаемая равной 645,5 км;

t_m – время следования по маршруту.

Для того, чтобы перевести полученную скорость в масштаб имитационной модели, необходимо рассчитать коэффициент модельной скорости. Формула для неё имеет следующий вид:

$$K_{vm} = \frac{L_{пол} \cdot 1000 \cdot t_m \cdot 60}{L_{пол} \cdot t_m \cdot 3600}; \quad (4)$$

$$K_{vm} = \frac{645,5 \cdot 1000 \cdot 3,5 \cdot 60}{645,5 \cdot 3,5 \cdot 3600} = 2181,97 = 2182.$$

Ниже приведён пример расчёта средней маршрутной скорости высокоскоростного поезда «Сапсан» под номером 752а, следующий из Москвы в Санкт-Петербург без промежуточных остановок.

$$V_m = \frac{645,5 \cdot 1000}{3,5 \cdot 3600} = 51,23 \text{ м/с},$$

$$V_{мм} = 51,23 \cdot 2182 = 111784 \text{ м/с}.$$

Расписание движения скоростных и пассажирских поездов между станциями Москва-Пассажирская-Казанская и Санкт-Петербург-Главный

Москва-Пассажирская-Казанская – Санкт-Петербург-Главный			Санкт-Петербург-Главный – Москва-Пассажирская		
№ поезда	Время отправления	Время прибытия	№ поезда	Время отправления	Время прибытия
030у	00:15	10:13	119а	00:12	09:52
020у	00:20	08:59	711а	00:20	05:50
016а	00:41	09:13	159а	02:04	10:16
082в	02:03	10:35	751а	05:30	09:00
090ж	02:38	12:07	755а	06:40	10:43
752а	05:45	09:15	757а	06:50	10:52
756а	06:50	10:45	759а	09:00	12:58
758а	07:00	11:04	761а	09:10	13:05
760*р	09:20	13:20	171а	12:11	23:18
762а	09:40	13:32	767а	13:00	17:00
172с	11:26	21:05	769а	13:10	17:10
770а	13:40	17:44	145а	13:28	23:52
738а	13:50	19:32	049а	13:34	22:30
714й	14:40	20:00	737в	13:52	19:39
726ч	15:21	22:20	771а	15:00	18:55
772а	15:30	19:25	773а	15:10	19:05
774а	15:40	19:25	725ч	15:16	21:58
776а	17:30	21:15	775а	17:00	20:57
778а	17:40	21:35	777а	17:10	21:05
160в	18:45	02:02	779а	19:00	22:58
780а	19:30	23:25	781а	19:10	23:13
136с	19:35	05:01	081а	20:04	04:35
782а	19:40	23:44	089а	20:32	04:53
132г	22:00	07:19	783а	20:50	00:35
028а	22:30	06:40	029у	21:20	06:24
006а	22:50	06:47	015а	21:49	07:19
050*ч	23:24	10:05	027а	22:31	06:45
054ч	23:40	08:36	019у	22:50	07:07
002а	23:55	07:55	005а	23:36	07:41
-	-	-	053ч	23:49	08:14
-	-	-	001а	23:55	07:55

Скорость разгона и замедления принимаем равными соответственно 3 м/с² и 2 м/с². Их также переводим в модельную скорость:

$$V_{ускм} = 3 \cdot 2182 = 6546 \text{ м/с}^2,$$

$$V_{замм} = 2 \cdot 2182 = 4364 \text{ м/с}^2.$$

Вышеописанные вычисления целесообразно автоматизировать. Ниже на рис. 3 приведен расчёт модельной скорости в программном пакете Maple.

```

restart :
r := 116 :
t := 1.08 :
Km := ceil( ( r * 1000 * t * 60 ) / ( r / 36.366 * t * 1000 ) );
V := Float( round( Float( evalf( ( r * 1000 ) / ( t * 3600 ) ), 2 ) ), -2 );
Vm := round( V * Km );
Vu := 3 * Km;
Vt := 2 * Km;

```

```

Km := 2182
V := 42.95
Vm := 93717
Vu := 6546
Vt := 4364

```

Рис. 3. Расчёт модельной скорости в программном пакете Maple

Вводим найденные значения в блоки trainSource и trainMoveTo. Процесс ввода представлен на рис. 4.

Далее убеждаемся в правильности найденного коэффициента путём имитационного моделирования

движения данного поезда по полигону. Для этого запускаем имитационную модель и через гистограмму определяем время проследования. Данное время приведено на рис. 5 и 6.

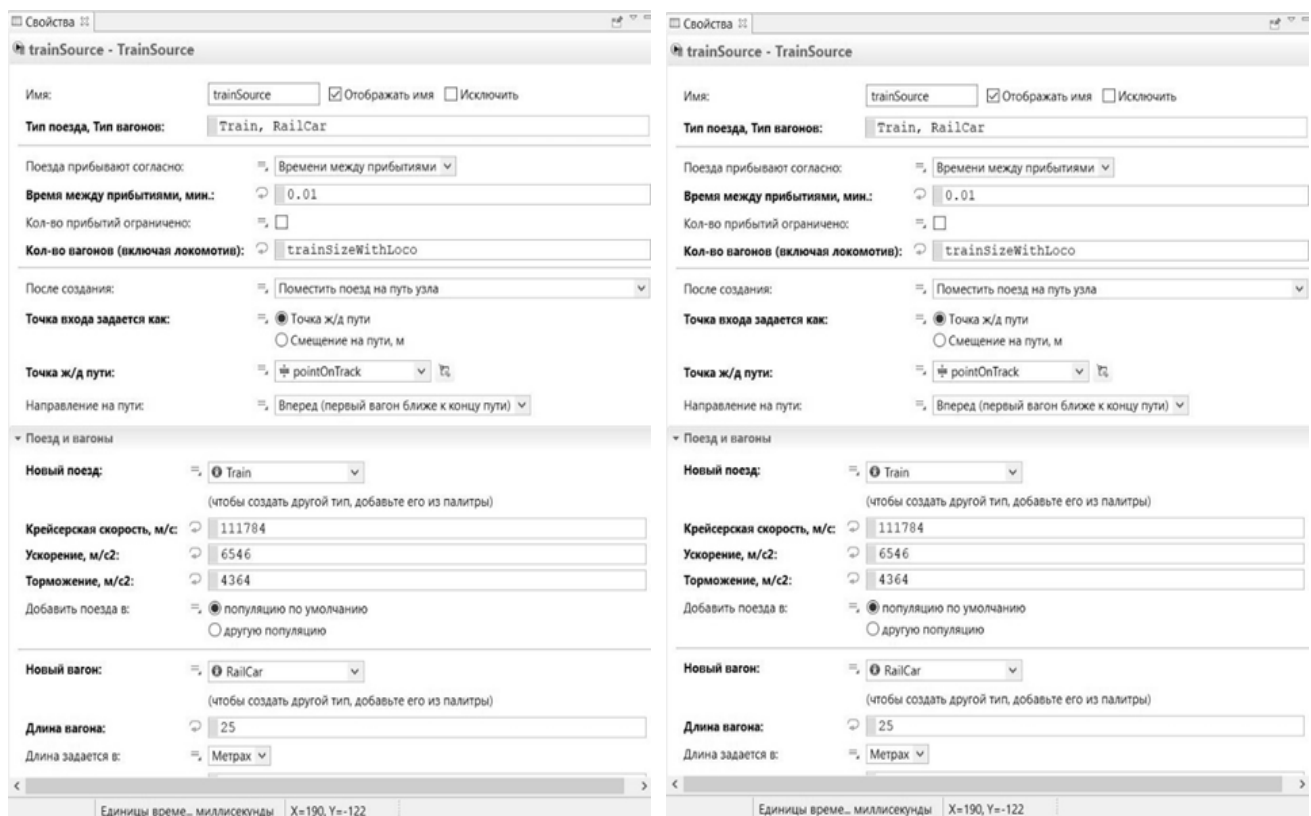


Рис. 4. Ввод найденных значений в блоки имитационной модели

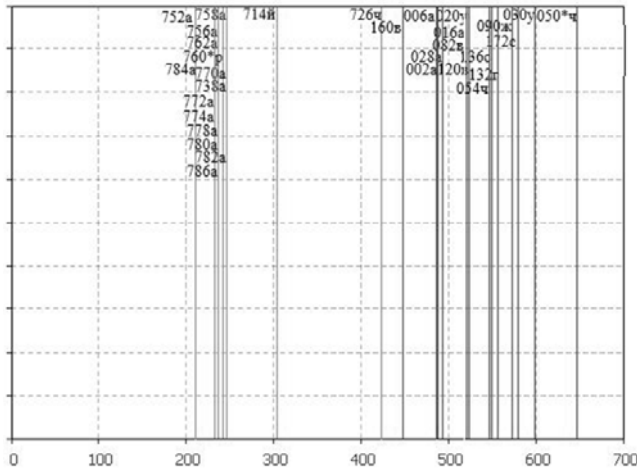


Рис. 5. Время проследования поездов из Москвы в Санкт-Петербург

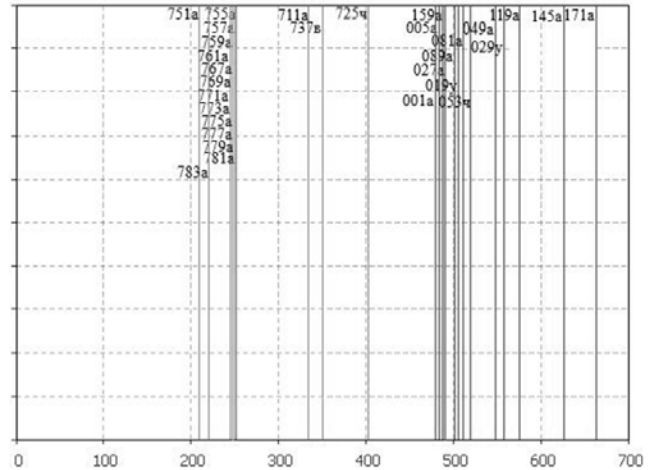


Рис. 6. Время проследования поездов из Санкт-Петербурга в Москву

В результате видим, что моделируемое время соответствует реальному в минутах, следовательно, коэффициент определён верно.

Получив значение средней маршрутной скорости, можем найти минимальный межпоездной интервал между «Сапсанами»:

$$I_p = \frac{0,5 \cdot 250 + 4500 + 4500 + 0,5 \cdot 250}{51,23 \cdot 60} + 0,05 = 2,73 \text{ мин.}$$

В целях сокращения значения данного межпоездного интервала и как следствие увеличения наличной пропускной способности производим оптимизацию данного выражения при помощи целевой функции 6.

$$F = \left\{ \frac{0,5 \cdot L_{n2l} + L_{6a1j} + L_{6a2j} + 0,5 \cdot L_{n1l}}{V_{cpk} \cdot 60} + t_a \right\} \rightarrow \min; V_{cp} > 0 \quad (6)$$

> restart :

Lp1 := 250 :

Lp2 := 250 :

lbl1 := 3900 :

lbl2 := 3900 :

Vmax := 70 :

if Lp1 ≥ 250 then Lp1 := Lp1 : else Ошибка Задано малое количество вагонов во втором поезде; Lp1 := $\frac{Lp1}{0}$:fi;

if Lp2 ≥ 250 then Lp2 := Lp2 : else Ошибка Задано малое количество вагонов во втором поезде; Lp2 := $\frac{Lp2}{0}$:fi;

if lbl1 ≥ 3900 then lbl1 := lbl1 : else Ошибка Длина первого блок участка меньше потребной; lbl1 := $\frac{lbl1}{0}$:fi;

if lbl2 ≥ 3900 then lbl2 := lbl2 : else Ошибка Длина второго блок участка меньше потребной; lbl2 := $\frac{lbl2}{0}$:fi;

if Vmax ≥ 0 then Vmax := Vmax : else Ошибка. Маршрутная скорость не может быть отрицательной;fi;

F := Float(round(Float(evalf($\frac{0,5 \cdot Lp2 + lbl1 + lbl2 + 0,5 \cdot Lp1}{Vmax \cdot 60}$), 2)), -2);

Lp1 := 250

Lp2 := 250

lbl1 := 3900

lbl2 := 3900

Vmax := 70

F := 1.92

Рис. 7. Расчёт значения минимального интервала в программном пакете Maple

Алгоритм минимизации межпоездного интервала и повышения наличной пропускной способности возможно представить в виде общей блок-схемы, приведённой на рис. 8.

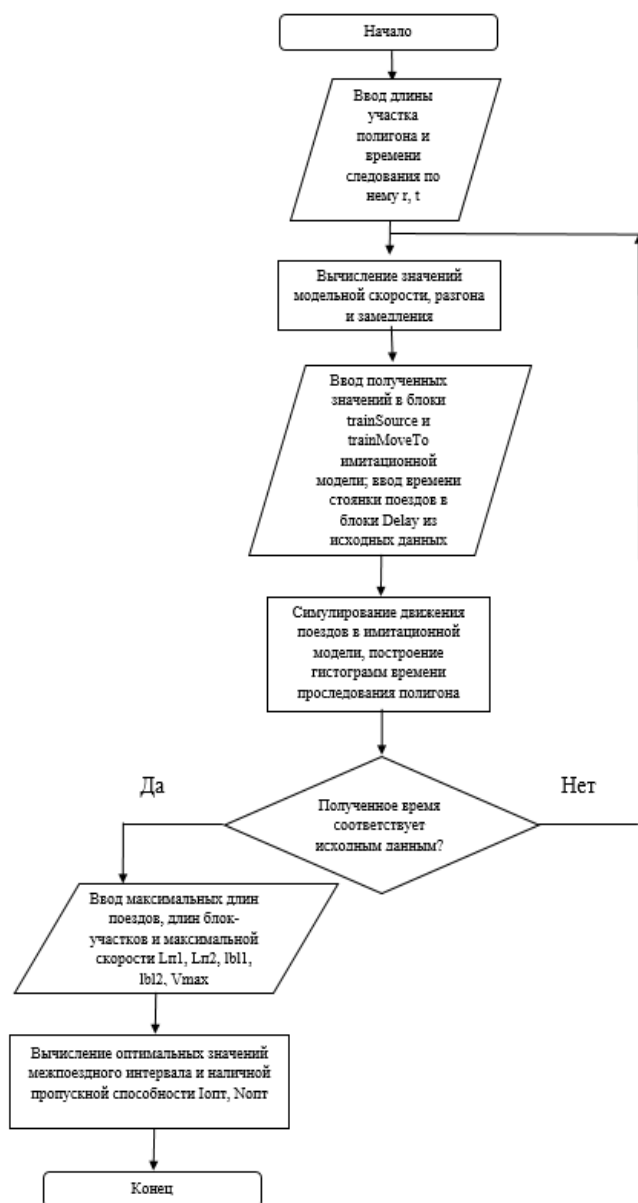


Рис. 8. Блок-схема алгоритма минимизации межпоездного интервала и повышения наличной пропускной способности возможно представить в виде общей блок-схемы

Заключение

Представленные в данной работе анализ аналитических формул расчёта пропускной способности и моделирование движения скоростных и пассажирских поездов по железнодорожному полигону позволяют повысить точность расчётов, а также значительно упростить мероприятия по её повышению, поскольку благодаря алгоритму, представленному на рис. 7, имеется возможность сократить межпоездные интервалы и обеспечить рост наличной пропускной способности. Это позволит пропускать большее число поездов и увеличить маршрутную скорость их следования. Подобные мероприятия приведут к повышению качества обслуживания пассажиров и конкурентоспособность железнодорожного транспорта перед другими его видами.

Литература

1. Угрюмов А. К. Вопросы организации движения на двухпутных участках / А.К. Угрюмов // Вопросы эксплуатации железных дорог СССР : Труды ЛИЖТ. – Л. : Трансжелдориздат, 1960. – Вып 170.
2. Инструкция по расчёту наличной пропускной способности. – Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 16.11.2010 г. № 128. – М. : ОАО «РЖД», 2011. – 305 с.
3. А.Ф. Бородин, Г. Г. Горбунов, А.Ю. Соколов, А.Е. Смирнов, И. Р. и др. Использование пропускной способности станций при интервальном регулировании движения поездов. / А.Ф. Бородин, Г.Г. Горбунов, А.Ю. Соколов, А.Е. Смирнов, И.Р. Гургенидзе, С.В. Калинин, А. П. Козловский. // Железнодорожный транспорт. – СПб. : ПГУПС, 2021. – вып. 2. – С. 29 – 36.
4. Г. А. Зуев, А. Г. Савицкий. Интервального регулирования движения поездов на станции / Г.А. Зуев и А.Г. Савицкий // Железнодорожный транспорт. – СПб. : ПГУПС, 2021. – вып. 5. – С. 26 – 32.
5. Покровская О.Д. Состояние транспортно-логистической инфраструктуры для угольных перевозок в России // Инновационный транспорт. 2015. № 1 (15). С. 13-23.
6. Покровская О.Д. О терминологии объектов терминально-складской инфраструктуры / О.Д. Покровская // Мир транспорта. 2018. Т. 16. № 1 (74). С. 152-163.
7. Покровская О.Д. Международная логистика Транссибирской магистрали: использование транзитного потенциала России / О.Д. Покровская, В.М. Самуйлов // Инновационный транспорт. – 2016. – № 3 (21). – С. 3-7.
8. Каталевский, Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. / Д.Ю. Каталевский. — Москва: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. — 496 с.
9. Покровская О.Д. Формирование терминальной сети региона для организации перевозок грузов. – О.Д. Покровская. – Научная монография. – Москва, Транслит, 2012. – 189 с.
10. Покровская О.Д. Логистическая классность железнодорожных станций / О.Д. Покровская // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2018. № 2 (38). С. 68-76.
11. Покровская О.Д. Определение параметров терминальной сети региона (на примере Кемеровской области) / О.Д. Покровская // Транспорт Урала. – 2012. – № 1 (32). – С. 93-97.
12. Покровская О.Д., Коровяковский Е.К. Терминалистика – организация и управление в транспортных узлах / О.Д. Покровская, Е.К. Коровяковский // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – Т. 13. – Вып. 4 (49). – С. 509-520.
13. Титова Т.С. Междисциплинарное положение теории терминалистики / Т.С. Титова, О.Д. Покровская // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2018. – Т. 15. – Вып. 2. – С. 248-260.
14. Pokrovskaya O., Fedorenko R. EVOLUTIONARY-FUNCTIONAL APPROACH TO TRANSPORT HUBS CLASSIFICATION/ Pokrovskaya O., Fedorenko R. // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Т. 982. С. 356-365.

15. Балалаев А.С., Куренков П.В. Пути повышения эффективности взаимодействия железнодорожного и морского транспорта/А.С.Балалаев, П.В.Куренков // Экономика железных дорог.- 2010.- № 10.- С.72-79.
16. Мохонько В.П. Ситуационное управление перевозочным процессом / В.П. Мохонько, В.С. Исаков, П.В. Куренков // Транспорт: наука, техника, управление. – 2004. – № 11. – С.14-16.
17. Куренков П.В., Веселова Ю.В. Механизмы государственного регулирования развития транспортной системы региона/П.В.Куренков, Ю.В.Веселова // Транспорт: наука, техника, управление: Сб. Отечественная история. 2006. № 7. С.8-12.
18. Куренков П.В., Астафьев А.В. План мероприятий (дорожная карта) по реализации программы организации контейнерных перевозок на пространстве 1520/ П.В. Куренков, А.В. Астафьев //Транспорт: наука, техника, управление: Сб. Российская история. 2015. № 11. С. 84-92.
19. Куренков П.В., Нехаев М.А. Моделирование работы сортировочной станции в интеллектуальной системе управления перевозками /П.В. Куренков, М.А. Нехаев //Железнодорожный транспорт. 2012. № 9. С. 20-22.
20. Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Логистизация информационных технологий на транспортных стыках (в морских портах и погранпереходах) / А.Ф. Котляренко, П.В. Куренков //Транспорт. Экспедирование и логистика. 2002. № 3. С. 11-14.
21. Официальный сайт ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. – URL: <https://pass.rzd.ru/> (дата обращения 28.11.2021).
22. Тарифное руководство № 4. Книга 2. Ч. 2. Алфавитный список пассажирских остановочных пунктов и платформ. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 136 с.
23. Тарифное руководство № 4. Книга 2. Ч. 1. Алфавитный список железнодорожных станций. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 452 с.
24. Тарифное руководство № 4. Книга 1. Тарифные расстояния между станциями на участках железных дорог. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 502 с.
25. Тарифное руководство № 4. Книга 3. Тарифные расстояния между транзитными пунктами. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 379 с.
26. Корниенко К. И. Исследование влияния изменения профиля пути сортировочного парка на качество его заполнения при расформировании составов / К.И.Корниенко // Вестник УрГУПС. – 2018. – № 3 (39). – С. 33–42.
27. Корниенко К. И. Совершенствование методики имитационного моделирования заполнения пути сортировочного парка/ К.И.Корниенко // Транспорт Урала. – 2018. – № 2 (57). – С. 35–42.
28. Корниенко К. И. Алгоритм расчета точки остановки отцепа в сортировочном парке /К.И.Корниенко // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 11. С. 36–40.
29. Косенко С.А. Оценка стоимости жизненного цикла верхнего строения пути при продлении межремонтного периода / С.А. Косенко, С.С. Акимов, С.В. Богданович, И.К. Соколовский // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1 (56). – С. 71–78.
30. Косенко С. А. Совершенствование системы ведения рельсового хозяйства на магистральных железных дорогах Республики Казахстан : спец. 05.22.06 «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог» : дис. ... д-ра техн. наук / Косенко Сергей Алексеевич ; Казах. акад. трансп. и коммуникаций им. М. Т. Тынышпаева. – Алматы, 2007. – 288 с.
31. Соколов О.М. Мониторинг эксплуатационной работы дифференцированно термоупрочненных рельсов на Западно-Сибирской железной дороге / О.М. Соколов, С.А. Косенко, С.С. Акимов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф. – Иркутск: изд-во ИрГУПС, 2017. – С. 473-478.

Сведения об авторах:

Покровская Оксана Дмитриевна, и.о. заведующего кафедрой «Управление эксплуатационной работой». Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.

Контактный телефон (мобильный): 8-965-035-42-54,
e-mail: insight1986@inbox.ru.

Марченко Максим Александрович, аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой», Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I.

Контактный телефон (мобильный): 8-906-397-67-98,
e-mail: maks.marchenko1998@mail.ru.

Адрес: 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр. 9.