

# Формирование маршрутной сети пассажирских поездов с учетом подбора групп вагонов по назначениям



Е. А. Середов,  
канд. техн. наук,  
доцент кафедры  
«Железнодорожные  
стации и транспортные  
узлы» Российского  
университета  
транспорта (МИИТ)

Совершенствование методов формирования маршрутной сети поездов дальнего следования является ключевым аспектом повышения эффективности и качества организации пассажирских перевозок. В условиях колебаний пассажиропотоков особенно важно правильно и рационально определить баланс спроса на перевозки с минимальными эксплуатационными затратами и эффективным использованием подвижного состава.

Сфера пассажирских перевозок в дальнем следовании пре-терпевает серьезные изменения [1]. С ростом объемов пассажиропотоков (рис. 1) и потребностей населения наблюдаются значительные изменения в транспортной отрасли. Будущее пассажирских перевозок направлено на увеличение удобства и комфорта для пассажиров, а также повышение эффективности использования ресурсов транспорта с применением современных технологий и инноваций, которые играют ключевую роль в достижении этих задач и способствуют развитию сферы пассажирских перевозок в целом.

Так, с целью повышения эффективности использования подвижного состава и других ресурсов с учетом колебаний пассажиропотоков во времени возможно применение групповых пассажирских поездов, в составе которых находятся вагоны различных назначений, подо-

бранных в составе вместе — одной группой [2].

Организация движения групповых поездов позволит обеспечить не только доступность транспортной услуги населению, когда интенсивность пассажиропотока не удовлетворяет наполняемости состава [4], но и сократить в данных условиях эксплуатационные затраты перевозчика. Основные варианты формирования и следования по маршрутам групповых пассажирских поездов представлены на рис. 2.

По варианту на рис. 2, а предусматривается формирование на станции А поезда, включающего в себя две группы вагонов назначением на станции В и Г с разъединением групп на узловой станции Б.

Формирование трехгруппных поездов может предусматриваться на станции А с разъединением групп вагонов на станции Б (рис. 2, б) или двух узловых станциях Б и В (рис. 2, в).



Рис. 1. Динамика отправленных пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования в Российской Федерации [3]

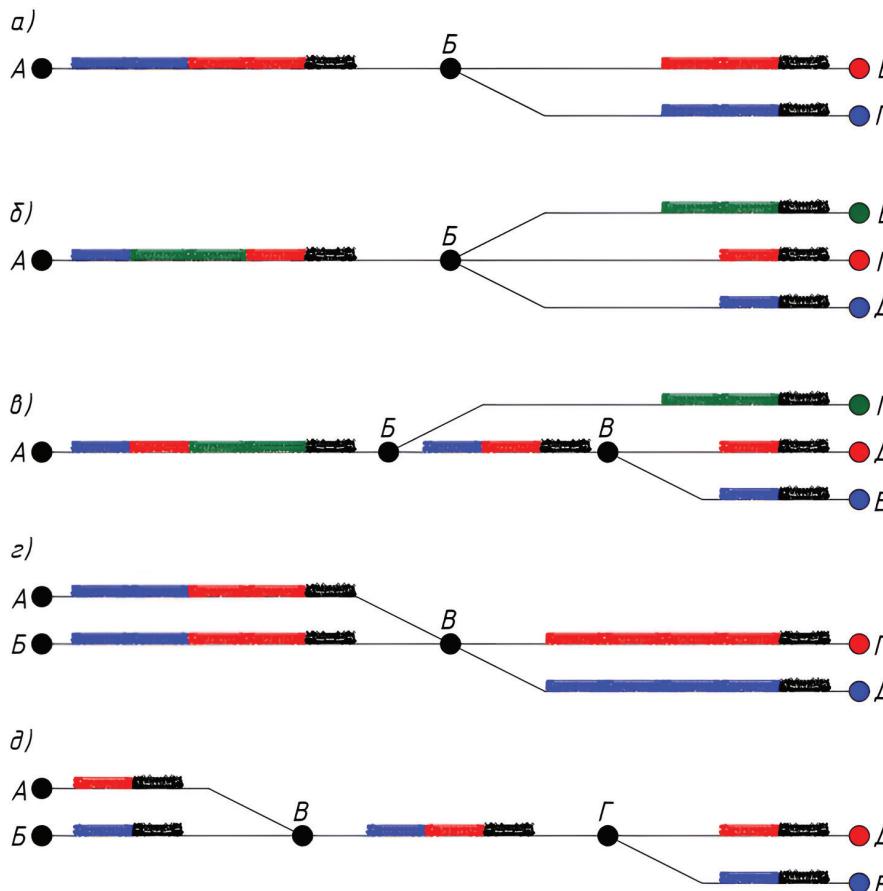


Рис. 2. Основные варианты формирования и следования по маршрутам групповых пассажирских поездов: а – для двухгруппного поезда; б – для трехгруппного поезда с разделением групп вагонов на одной станции; в – для трехгруппного поезда с разделением групп вагонов на двух станциях; г – для двухгруппных поездов с перераспределением групп вагонов на одной станции; д – для групп вагонов, следующих в составе группового поезда в пределах общего участка их следования

По варианту на рис. 2, г предусматривается формирование на двух станциях А и Б поездов, включающих в себя группы вагонов назначением на станции Г и Д с перераспределением на узловой станции В.

На рис. 2, д представлен вариант формирования одногруппных поездов на станциях А и Б с последующим объединением групп на узловой станции В. Группы вагонов назначением на станции Д и Е следуют в составе группового поезда в пределах участка В-Г и разделяются на узловой станции Г.

В схеме состава при формировании групповых поездов указываются вагоны, которые имеют переменный трафарет. Проездные документы в них оформляются не далее станции переменного трафарета, на которой разделяются группы вагонов, и меняется трафарет<sup>1</sup>.

Применение групповой подборки вагонов сокращает количество поездов на

<sup>1</sup> Протокол 76 заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (с изменениями и дополнениями). Москва, 15 июня 2022.

отдельных участках железных дорог, за счет чего могут быть увеличены размеры движения поездов других категорий. На станциях формирования и назначения пассажирских групповых поездов возникает необходимость выполнения операций по объединению и разъединению групп вагонов. Путевое развитие и техническое оснащение таких станций должны обеспечивать эффективную обработку групповых пассажирских поездов, включая возможность смены локомотива и другие необходимые операции.

Негативной особенностью формирования групповых поездов является тот факт, что для пассажиров вариативность выбора поезда для отправления с отдельных станций может быть уменьшена, а затраты времени на узловых станциях разъединения и объединения групп вагонов – увеличены.

Для определения эффективности формирования групповых составов выполним расчет параметров маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования [5]. График среднесуточных

пассажиропотоков и назначений поездов на полигоне железной дороги в четном направлении с исходными данными для выполнения расчета представлен на рис. 3.

При расчете параметров маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования будут учитываться основные условия:

1. Обеспечение беспересадочного сообщения пассажиров. Данное условие должно устанавливать равенство между величиной корреспонденции пассажиропотока и общим количеством пассажиров данной корреспонденции, следующих в поездах различных назначений без пересадки в пути следования [6]:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^J \delta_{ij} y_{ij}; \forall i,$$

где  $\Pi_i$  – величина  $i$ -й корреспонденции пассажиропотока;

$y_{ij}$  – количество пассажиров  $i$ -й корреспонденции пассажиропотока, следующих в поездах  $j$ -го назначения,  $y_{ij} \geq 0$ ;

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если маршрут } i\text{-й корреспонденции пассажиропотока входит в маршрут } j\text{-го назначения;} \\ 0 & \text{в ином случае.} \end{cases}$$

2. Освоение корреспонденций пассажиропотоков [7]. Данное условие должно устанавливать неравенство, согласно которому суммарная вместимость поездов на участках их следования должна быть больше или равна общему числу пассажиров, которые могут следовать в этих поездах без пересадки:

$$\sum_{i=1}^I \delta_{ik} a_i x_i \geq \sum_{i=1}^I \delta_{ijk} y_{ij}; \forall i, \forall k,$$

где  $a_i$  – вместимость поездов  $j$ -го поездного назначения;

$I$  – общее число корреспонденций пассажиропотоков;

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если поезд } j\text{-го назначения следует по } k\text{-му участку железной дороги;} \\ 0 & \text{в ином случае.} \end{cases}$$

$$\delta_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если маршрут } i\text{-й корреспонденции пассажиропотока входит в маршрут } j\text{-го назначения и эти маршруты содержат } k\text{-й участок;} \\ 0 & \text{в ином случае.} \end{cases}$$

3. Освоение густоты пассажиропотоков. Это условие будет иметь вид [8]:

$$\sum_{i=1}^I \delta_{ik} a_i x_i \geq \Gamma_k, \forall k,$$

где  $\Gamma_k$  – густота пассажиропотока на участке железной дороги,

$$\Gamma_k = \sum_{i=1}^I \delta_{ik} \Pi_i, \forall k,$$

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й пассажиропоток следует по } k\text{-му участку железной дороги;} \\ 0 & \text{в ином случае.} \end{cases}$$

Наилучшим вариантом, определяющим количество пассажирских поездов

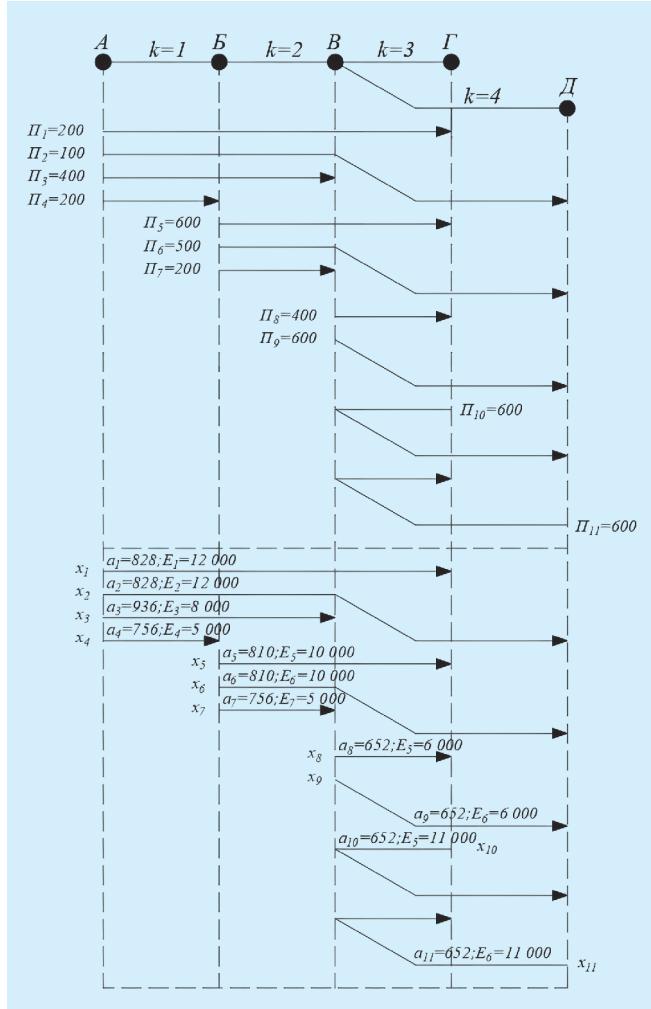


Рис. 3. График среднесуточных пассажиропотоков и назначений поездов на полигоне железной дороги в четном направлении:  $\Pi_i$  – величина  $i$ -й корреспонденции пассажиропотока, чел./сут.;  $x_j$  – количество поездов  $j$ -го назначения, поездов/сут.;  $E_j$  – стоимостные оценки поездов  $j$ -го назначения, у. е.; – вместимость поездов  $j$ -го поездного назначения, мест;  $k$  – участок железной дороги

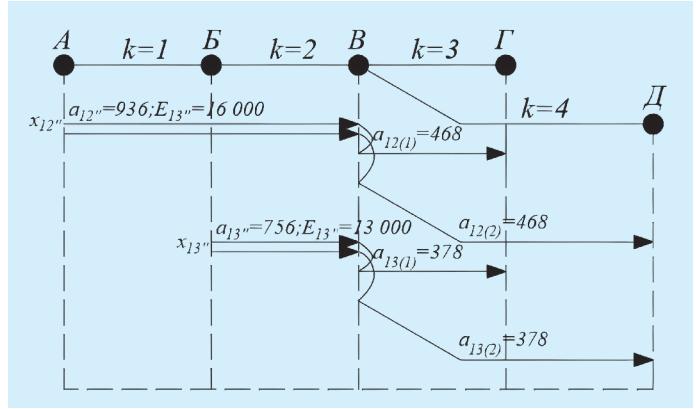


Рис. 4. Схема вариантов формирования двухгруппных пассажирских поездов на полигоне железной дороги в четном направлении

на расчетном полигоне железной дороги, будет считаться вариант с минимумом суммарных эксплуатационных затрат перевозчика на организацию сообщения:

$$F = \sum_{i=1}^l E_j x_j \rightarrow \min,$$

где  $E_j$  – эксплуатационные затраты, приходящиеся на один поезд  $j$ -го назначения, включающие в себя поездную и вагонную составляющие [9].

Расчет параметров маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования выполняется с помощью программы LPsolve IDE 5.5.2.0. Для начала выполним расчет параметров маршрутной сети пассажирских поездов без включения групповых поездов. В рассматриваемом примере для освоения заданного пассажиропотока потребуется шесть одногруппных поездов ( $x_1=1$ ;  $x_2=1$ ;  $x_3=1$ ;  $x_9=1$ ;  $x_{10}=1$ ;  $x_{11}=1$ ). При этом эксплуатационные затраты перевозчика на организацию сообщения составят  $F = 62 000$  у. е.

Варианты формирования групп вагонов определяются в зависимости от величины корреспонденций и структуры пассажиропотоков. Вместимость групповых поездов определяется по формуле

$$a_j'' = \sum_{j=1}^z a_j(z),$$

где  $a_j(z)$  – вместимость  $z$ -й группы поезда  $j$ -го назначения.

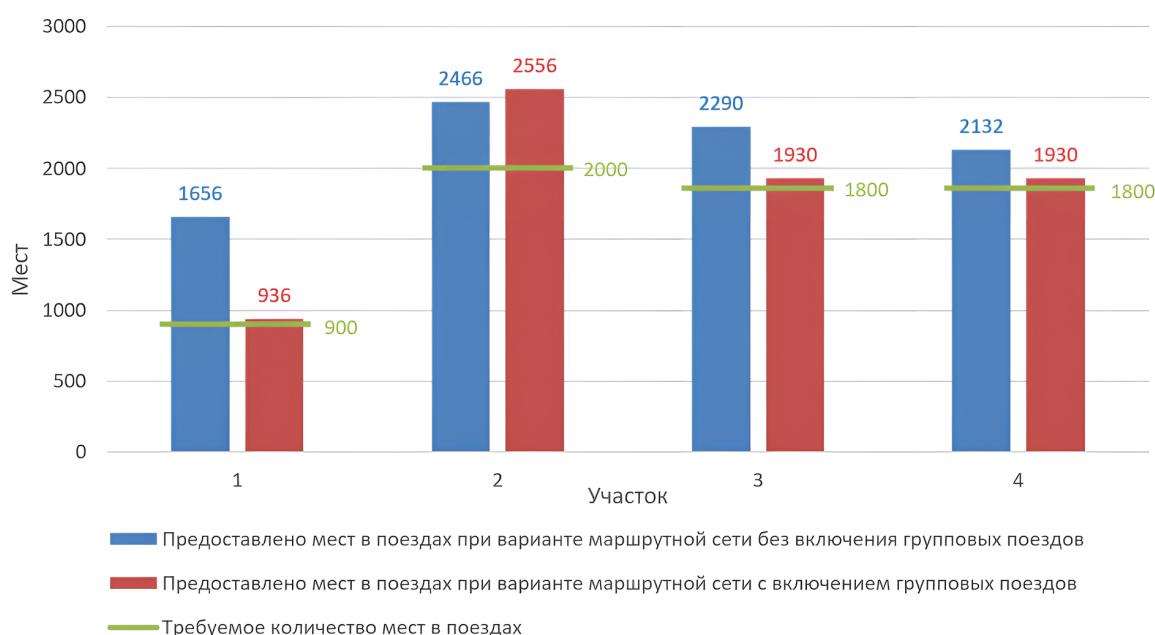


Рис. 5. Сравнение количества предоставленных мест при вариантах расчета маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования с включением и без включения групповых поездов

Групповые поезда в рассматриваемом примере могут быть сформированы из вагонов назначением на станции Г и Д на станциях: А с разделением групп вагонов на узловой станции В; Б с разделением групп вагонов на узловой станции В.

На рис. 4 представлена схема вариантов формирования двухгруппных поездов для рассматриваемого примера.

Выполним расчет параметров маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования с включением групповых поездов. Для освоения заданного пассажиропотока потребуется четыре одногруппных поезда и один двухгруппный ( $x_5=1$ ;  $x_6=1$ ;  $x_{10}=1$ ;  $x_{11}=1$ ;  $x_{12}=1$ ). При этом эксплуатационные затраты перевозчика на организацию сообщения составят  $F = 58\,000$  у. е.

Таким образом, несмотря на высокие эксплуатационные затраты, приходящиеся на двухгруппные поезда, вариант маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования с включением групповых поездов является экономически выгоднее варианта без включения групповых поездов на 6,45 %. Кроме того, предоставленные места при варианте с включением групповых поездов освоены в среднем по участкам расчетного полигона на 13,8 % больше по сравнению с вариантом без включения групповых поездов (рис. 5).

Негативной особенностью формирования двухгруппного поезда в рассмотренном примере можно считать тот факт, что для пассажиропотоков А-Б и А-В сокращается вариативность выбора поезда для отправления со станции А, так как на участке А-Б вместо поездов назначений А-Г и А-Д предусматривается движение только одного группового поезда.

Результаты формирования маршрутной сети пассажирских поездов дальнего следования дают понять важность применения групповых поездов, так как при этом сокращаются эксплуатационные затраты и увеличивается эффективность использования подвижного состава и других ресурсов железнодорожного транспорта. ■

#### Источники

1. Каверин О. В. Конкуренция в сфере дальних железнодорожных перевозок пассажиров. URL: <http://www.zdravstvie.ru/Analytics/publikatsii/konkurentsiya-v-sfere-dalnikh-zheleznodorozhnykh-perevozok-passazhirov/> (дата обращения: 12.07.2024).
2. Технический железнодорожный словарь. Групповой поезд. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/railway/721/ГРУППОВОЙ> (дата обращения: 12.07.2024).
3. Отправление пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования: Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 12.11.2024).
4. Типовой макет схемы формирования пассажирского поезда. URL: <https://base.garant.ru/404930023/1274a1e2e53045e2db87ce9f8ee245c3/> (дата обращения: 12.07.2024).
5. Середов Е. А. Формирование маршрутной сети пассажирских поездов с учетом предпочтений пассажиров // Экономика железных дорог. 2021. № 11. С. 34–43.
6. Пазойский Ю. О., Савельев М. Ю., Середов Е. А. Методы расчета маршрутной сети пассажирских поездов с учетом предпочтений пассажиров // Транспорт Российской Федерации. 2023. № 1–2. С. 22–25.
7. Савельев М. Ю. Выбор оптимальных параметров системы освоения потоков пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог Российской Федерации: дис. ... канд. тех. наук. М., 2015. 169 с.
8. Пазойский Ю. О., Савельев М. Ю., Сидраков А. А. и др. Железнодорожные пассажирские перевозки (избранные главы): учебное пособие. М.: РУТ (МИИТ), 2020. 407 с.
9. Середов Е. А. Формирование маршрутов пассажирских поездов на сети железных дорог с учетом предпочтений пассажиров: дис. ... канд. тех. наук. М., 2022. 192 с.



## Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА – В ЦИФРАХ

Академия включает  
**48 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ**



[www.rosacademtrans.ru](http://www.rosacademtrans.ru)

#### СОСТАВ ОО «PAT» В 2023 ГОДУ

> 680 УЧЕНЫХ-ТРАНСПОРТНИКОВ:

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



ДАТА ОСНОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
ТРАНСПОРТА:

**26 июня 1991 года**