

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Пазойский, Ю. О.* Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (Примеры, задачи, модели, методы и решения) / Ю. О. Пазойский, В. Г. Шубко, С. П. Вакуленко. – М. : ГОУ УМЦ, 2009. – 342 с.

2 Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) / под ред. Н. В. Правдина, С. П. Вакуленко. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 1085 с.

3 Железнодорожные станции и узлы : учеб. для вузов / В. Г. Шубко [и др.]; под ред. В. Г. Шубко, Н. В. Правдина. – М. : УМК МПС России, 2002. – 368 с.

4 Железнодорожные станции и узлы : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю. И. Ефименко [и др.] ; под ред. Ю. И. Ефименко. – М. : Академия, 2006. – 336 с.

J. O. PAZOJSKIJ, A. A. SIDRAKOV, M. J. SAVELIEV

PRINCIPLES OF TRACK NUMBER CALCULATION AT INTERMEDIATE STATIONS OF HIGH-SPEED RAILWAYS (AT THE EXAMPLE OF VLADIMIR HIGH-SPEED RAILWAY STATION)

The specific features in calculating the number of tracks at intermediate stations of high-speed railways are analyzed. The example of the Vladimir high-speed railway station reveals a number of specific problems that need to be solved taking into account the safety of train traffic.

Получено 18.12.2018.

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2019**

УДК 656.224:656.21.001.2

Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, А. А. СИДРАКОВ

Российский университет транспорта (МИИТ)

пазоyskiy@mail.ru,

smy87@yandex.ru

СПЕЦИФИКА ПРИМЕНЕНИЯ ЗОННОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ

Предлагается новая методика расчета зонных размеров движения пригородных поездов в условиях применения зонного графика движения. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что требование равномерного доступа пригородных пассажиров к транспортной услуге приводит к необходимости увеличения потребного числа поездов дальних зон и их сокращению для первой зоны.

Неравномерность распределения пригородного пассажиропотока по длине пригородного участка, примыкающего к крупному городу, вызывает необходимость организации зонного движения пригородных поездов. Для этого участок делится на технические зоны зонными техническими станциями, являющимися станциями оборота составов пригородных поездов. Зонное движение пригородных поездов призвано существенно сократить пробег свободных мест в поездах, так как по мере удаления от головной станции пригородного участка пассажиропоток резко падает.

Наиболее предпочтительным и удобным для пассажиров является зонный параллельный график движения пригородных поездов, при котором поезда следуют со всеми остановками (рисунок 1).

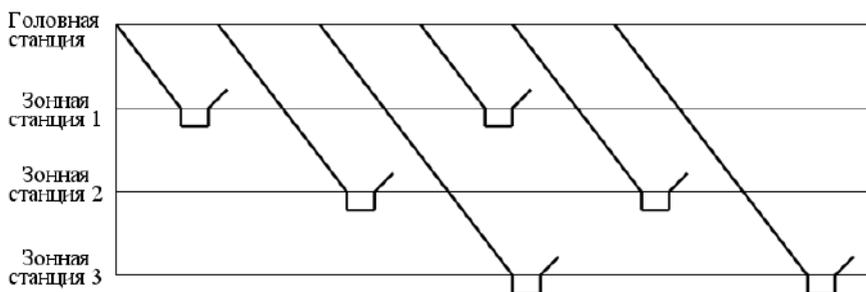


Рисунок 1 – Прокладка ниток зонного параллельного графика движения

При таком типе графика движения пассажиры, следующие на остановочный пункт некоторой зоны, могут воспользоваться поездами как своей зоны, так и более дальних технических зон.

Натурные обследования населенности пригородных поездов, обращающихся в Московском железнодорожном узле, показали, что пригородный пассажиропоток имеет постоянную интенсивность в пределах как «пикового», так и «непикового» периодов. Более того, можно предположить, что при зонном параллельном графике пассажиропоток равномерно распределяется по поездам как данной, так и более дальних зон внутри каждого из этих периодов. Это обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что существующие методики расчета размеров движения пригородных поездов [1–3] не учитывают специфики зонного параллельного графика движения, что не позволяет получить достоверных результатов, так как моделирование распределения пригородного потока по поездам для этих методик приводит к необходимости освоения пассажиропотока каждой зоны только поездами этой зоны. В реальных условиях такой подход к определению размеров движения пригородных поездов приводит к тому, что пассажиры ближних зон занимают места в поездах, следующих на дальние зоны, ухудшая при

этом условия проезда для пассажиров дальних зон, а поезда ближних зон следуют зачастую полупустыми.

В связи с этим возникает необходимость в создании новой методики расчета зонных размеров движения пригородных поездов в условиях применения зонного параллельного графика их движения.

Пусть $\rho(l)$ – плотность распределения пассажиропотока на участке, Γ_i – густота пассажиропотока на i -й технической зоне (рисунок 2) за рассматриваемый период (например, за сутки).

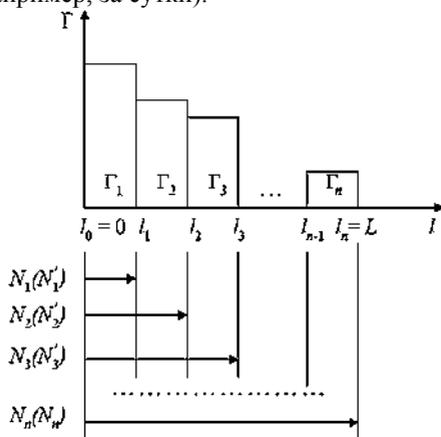


Рисунок 2 – Густота пассажиропотока и зонные размеры движения

Тогда

$$\Gamma_1 = \int_0^L \rho(l) dl, \Gamma_2 = \int_{e_1}^L \rho(l) dl, \dots, \Gamma_i = \int_{l_{i-1}}^L \rho(l) dl, \dots, \Gamma_n = \int_{l_{n-1}}^L \rho(l) dl. \quad (1)$$

В этом случае число пригородных пассажиров назначением на остановочные пункты i -й технической зоны

$$\Gamma_i - \Gamma_{i-1} = \int_{l_{i-1}}^{l_i} \rho(l) dl, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

При условии равномерного распределения пассажиропотока, следующего с головной станции пригородного участка по поездам, и предположении о незначительности межзонных корреспонденций пассажиропотока введем ограничения по числу мест в поездах каждой технической зоны.

Так как число мест, занимаемых пассажирами первой технической зоны, не должно превышать вместимости поезда, то для поезда первой технической зоны это ограничение имеет вид

$$\frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\sum_1^n N'_i} \leq a, \quad (3)$$

где a – вместимость поезда.

Аналогично число занимаемых мест в поезде второй зоны, которое складывается из числа пассажиров, следующих на первую и вторую зоны, не должно превышать вместимости поезда.

$$\frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\sum_{i=1}^n N'_i} + \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{\sum_{i=2}^n N'_i} \leq a. \quad (4)$$

Для поезда n -1-й зоны имеем:

$$\frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\sum_{i=1}^n N'_i} + \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{\sum_{i=2}^n N'_i} + \dots + \frac{\Gamma_{n-1} - \Gamma_n}{\sum_{i=n-1}^n N'_i} \leq a. \quad (5)$$

Для поезда n -й зоны ограничение имеет вид

$$\frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\sum_{i=1}^n N'_i} + \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{\sum_{i=2}^n N'_i} + \dots + \frac{\Gamma_{n-1} - \Gamma_n}{\sum_{i=n-1}^n N'_i} + \frac{\Gamma_n}{N'_i} \leq a. \quad (6)$$

Для определения размеров движения $N'_1 \dots N'_n$ при ограничениях (3)–(6) и условиях неотрицательности и целочисленности переменных

$$N'_i \geq 0, \quad \forall i \quad (7)$$

требуется минимизировать пробег свободных мест в поездах так, чтобы

$$Z = (aN'_1 - (\Gamma_1 - \Gamma_2))l_1 + (aN'_2 - (\Gamma_2 - \Gamma_3))l_2 + \dots \\ \dots + (aN'_{n-1} - (\Gamma_{n-1} - \Gamma_n))L \rightarrow \min. \quad (8)$$

Задача по условиям (3)–(8) является целочисленной задачей с нелинейными ограничениями. Решение такой задачи в реальных условиях работы пригородного участка с большим числом технических зон вызывает значительные трудности. Поэтому предлагаются формулы для приближенного решения задачи. Потребное число поездов одного направления за рассматриваемый период при обеспечении наименьшего пробега свободных мест в поездах в соответствии с существующими методиками [1–3]

$$N_i = \frac{1}{a} \int_{l_{i-1}}^{l_i} \rho(l) dl, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

Получим приближенное к оптимальному решению при условии, что пассажиропоток соответствующей зоны равномерно распределяется по поездам, проходящим по ней, зонные размеры движения пригородных поездов принимаются равными:

$$\begin{aligned}
N'_1 &= \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{a} \frac{N_1}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} = \frac{1}{a} \int_0^{l_1} \rho(l) dl \frac{N_1}{N_1 + N_2 + \dots + N_n}; \\
N'_2 &= \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{a} \frac{N_2}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} + \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{a} \frac{N_2}{N_2 + \dots + N_n} = \\
&= \frac{1}{a} \int_0^{l_1} \rho(l) dl \frac{N_2}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} + \frac{1}{a} \int_{l_1}^{l_2} \rho(l) dl \frac{N_2}{N_2 + \dots + N_n}; \\
N'_3 &= \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{a} \frac{N_3}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} + \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{a} \frac{N_3}{N_2 + \dots + N_n} + \\
&+ \frac{\Gamma_3 - \Gamma_4}{a} \frac{N_3}{N_3 + \dots + N_n} = \frac{1}{a} \int_0^{l_1} \rho(l) dl \cdot \frac{N_3}{N_1 + N_2 + \dots + N_n} + \\
&+ \frac{1}{a} \int_{l_1}^{l_2} \rho(l) dl \frac{N_3}{N_2 + \dots + N_n} + \frac{1}{a} \int_{l_2}^{l_3} \rho(l) dl \frac{N_3}{N_3 + \dots + N_n}; \\
&\dots\dots \\
N'_n &= \frac{1}{a} \int_0^{l_1} \rho(l) dl \frac{N_n}{\sum_{k=1}^n N_k} + \frac{1}{a} \int_{l_1}^{l_2} \rho(l) dl \frac{N_n}{\sum_{k=2}^n N_k} + \dots + \frac{1}{a} \int_{l_{n-1}}^{l_n=L} \rho(l) dl \frac{N_n}{N_n}. \quad (10)
\end{aligned}$$

Рассмотрим пример определения зонных размеров движения для пригородного участка с тремя техническими зонами при условии, что $a = 1$ (рисунок 3).

Тогда

$$N_1 = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{a} = 10; \quad N_2 = \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{a} = 8; \quad N_3 = \frac{\Gamma_3}{a} = 2.$$

При этом в случае равномерного доступа пассажиров к поездам, следующим по зоне,

$$\begin{aligned}
N'_1 &= \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{a} \frac{N_1}{N_1 + N_2 + N_3} = 10 \cdot \frac{10}{10 + 8 + 2} = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5 \text{ поездов}; \\
N'_2 &= \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{a} \frac{N_2}{N_1 + N_2 + N_3} + \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{a} \frac{N_2}{N_2 + N_3} = \\
&= 10 \cdot \frac{8}{10 + 8 + 2} + 8 \cdot \frac{8}{8 + 2} = 10,4 \text{ поезда}; \\
N'_3 &= \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{a} \frac{N_3}{N_1 + N_2 + N_3} + \frac{\Gamma_2 - \Gamma_3}{a} \frac{N_3}{N_2 + N_3} + \frac{\Gamma_3}{a} \frac{N_3}{N_3} = \\
&= 10 \cdot \frac{2}{10 + 8 + 2} + 8 \cdot \frac{2}{8 + 2} + 2 \cdot \frac{2}{2} = 4,6 \text{ поезда};
\end{aligned}$$

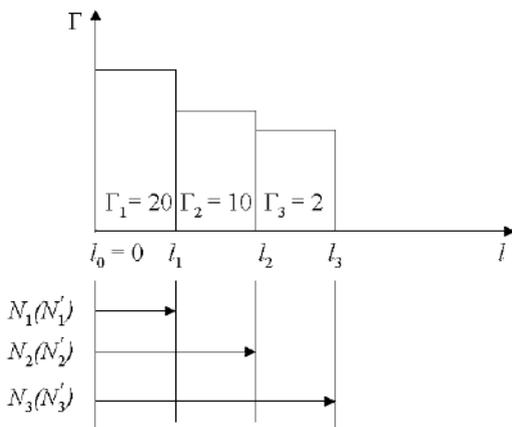


Рисунок 3 – Исходные данные примера

Тогда

$$N'_1 + N'_2 + N'_3 = 5 + 10,4 + 4,6 = 20;$$

$$N'_2 + N'_3 = 10,4 + 4,6 = 15; N'_3 = 4,6 \approx 5.$$

Таким образом, требование равномерного доступа пассажиров к проходящим поездам приводит к существенному увеличению потребного числа поездов дальних зон и снижению потребного числа поездов первой технической зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пазойский, Ю. О. Пассажи́рские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения) : учеб. пособие / Ю. О. Пазойский, В. Г. Шубко, С. П. Вакуленко. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр на железнодорожном транспорте», 2016. – 364 с.

2 Организация пригородных железнодорожных перевозок: учебное пособие / Ю. О. Пазойский [и др.] ; под ред. Ю. О. Пазойского. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр на железнодорожном транспорте», 2015. – 270 с.

3 Организация пассажирских перевозок : учеб. / под ред. А. Г. Котенко, Е. А. Макаровой. – М. : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр на железнодорожном транспорте», 2017. – 136 с.

J. O. PAZOJSKIJ, M. J. SAVELIEV, A. A. SIDRAKOV

SPECIFIC FEATURES IN APPLICATION OF A AREA PARALLEL SCHEDULE FOR SUBURBAN TRAINS

A new method of calculating the area size for suburban trains under the use of the area schedule is proposed. The results of the study suggest that the requirement of equal access to transportation services for commuters leads to the need to increase the number of trains in remote areas and their reduction for the first zone.

Получено 22.10.2018.