

УДК 629.4.05

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ****Белецкий Ю.В., Данилина И.В., Шепитько О.В.****INVESTIGATION METHODS FOR CALCULATING THE SIZE OF LOCAL TRAINS****Beletsky Y., Danilina I., Shepitko O.**

*В статье приведены теоретические исследования методики расчета размеров движения пригородных поездов на участке. Освещены проблемы расчета размеров движения пригородных поездов. Освещены вопросы эксплуатации составов одинаковой композиции. Для сокращения затрат железнодорожного транспорта на организации перевозок пассажиров целесообразно в неинтенсивные периоды суток вводить в эксплуатацию наряду с поездами наибольшей вместимости (двенадцативагонными электропоездами) поезда уменьшенной вместимости (десяти-, восьми-, шестивагонные электропоезда).*

**Ключевые слова:** модель, пассажиропоток, система, освоение, информационное обеспечение, поезд.

**Введение. Постановка проблемы.** Размеры движения пригородных поездов являются одним из определяющих параметров системы освоения пригородных пассажиропотоков. Размеры движения непосредственно связаны с другими важнейшими параметрами системы - величиной пассажиропотока и вместимостью подвижного состава. При расчете размеров движения пригородных поездов должны учитываться особенности пригородных перевозок, их массовость, неравномерность распределения по зонам, времени года, дням недели и часам суток. При увеличении размеров движения пригородных поездов снижается провозная способность участка для грузового и дальнего пассажирского движения, необходимо увеличение парка подвижного состава, большее число бригад поездов, а также увеличиваются расходы на ремонт и содержание вагонов. Чрезмерное уменьшение размеров движения может привести к ухудшению обслуживания пассажиров, так как при этом увеличивается время ожидания пассажирами поездов, поезда будут следовать переполненными.

Кроме того, в условиях растущей конкуренции со стороны автомобильного транспорта, часть пассажиров может перейти на альтернативные виды транспорта (автобусы, маршрутные такси и др.). Число пригородных поездов существенно зависит

от типа подвижного состава, эксплуатируемого на пригородном участке.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В ходе выполнения исследований были проанализированы аналитические методы расчета размеров движения пригородных поездов, которые определяются величиной пассажиропотока.

Раздельные расчеты размеров движения пригородных поездов по интенсивным и неинтенсивным периодам перевозок не в полной мере отражают специфические особенности пригородных перевозок, поскольку не включают условий, гарантирующих обеспечение оборота подвижного состава на главной и зонных станциях пригородного участка, а также не учитывают путевого развития станций оборота составов [1]. Поэтому расчет числа поездов требует разработки специальной модели, позволяющей ликвидировать отмеченные недостатки и, кроме того, обеспечить оптимальное решение с учетом того, что размеры движения за сутки должны выражаться целыми числами как по участку в целом, так и по отдельным зонам в частности.

**Цель.** Исследовать математическую модель расчета размеров движения пригородных поездов.

Для построения математической модели определения размеров движения поездов рассмотрим пригородный участок с  $n$  техническими зонами, на котором обращаются пригородные составы заданной композиции с вместимостью, равной  $a$ . Пусть  $X-1$  - число поездов 1-й зоны, прибывающих на головную станцию участка в утренний интенсивный период;

$X_{n+1}$  - число поездов 1-й зоны, прибывающих на  $i$ -ю станцию в неинтенсивный период прибытия;

$y_1$  - число поездов, следующих на  $i$ -ю зону в вечерний интенсивный период;

$y_{n+1}$  - число поездов, отправляющихся с головной станции на зонную станцию в неинтенсивный период отправления;

$$i = 1, 2, \dots, n.$$

**Результаты исследования.** Исследование расчета размеров движения пригородных поездов напрямую зависит от принятой технологии работы с поездами разной составности. При этом рассматривают следующие варианты:

- Эксплуатация поездов одной составности;
- Эксплуатация поездов различной составности с увязкой поездов каждой категории составности в отдельный оборот (групповой график оборота составов);
- Эксплуатация поездов различной составности с увязкой поездов в единый оборот с изменением составности поездов на станциях их оборота.

Количество пригородных поездов определяется также типом графика движения. В интенсивные «пиковые» часы пригородных перевозок должны максимально использоваться наличная пропускная способность и расчетная вместимость подвижного состава. Поэтому в эти периоды целесообразно применение зонного параллельного графика движения пригородных поездов, при котором поезда имеют остановки на всех остановочных пунктах и зонных станциях участка.

Для обеспечения соответствия размеров движения поездов числу путей на станциях оборота, предназначенных для ночного отстоя составов, введем в рассмотрение следующие переменные [2]:

$Y_{2n+j}$  - число поездов, отправляющихся с деповской станции на  $K_{+j}$ -ю станцию оборота и прибывающих на эту зонную станцию к интенсивному периоду утреннего отправления поездов в сторону головной станции участка. При этом  $i = 1, 2, \dots, n - k$ .

Аналогично  $X_{2n+j}$  - число поездов, отправляющихся с  $K_{+j}$ -ой зонной станции после вечернего периода «пик» и прибывающих на деповскую станцию для ночного отстоя.

При этом на  $K$ -ой зонной станции расположено депо. Эта станция имеет значительный парк путей для ночного отстоя составов. Если  $K = 0$ , то депо расположено на головной станции участка.

Тогда ограничения по освоению густот пассажиропотока будут иметь следующий вид [3]:

В утренний период «пик» по прибытию на головную станцию участка

$$a \sum_{i=q}^n X_i \geq \Gamma_q^{ym} \quad q = \overline{1, n},$$

в остальной неинтенсивный период по прибытию

$$a \sum_{i=q}^n X_{n+i} \geq \Gamma_q^{kym} \quad q = \overline{1, k}$$

$$a = \left( \sum_{i=q}^n X_{n+i} + \sum_{j=q-k}^{n-k} X_{2n+j} \right) \geq \Gamma_q^{kym} \quad q = \overline{k+1, n}.$$

по отправлению с головной станции в вечерний час «пик»

$$a \sum_{i=q}^n Y_i \geq \Gamma_q^{un} \quad q = \overline{1, n}$$

по отправлению в остальной период суток

$$a \sum_{i=q}^n y_{n+i} \geq \Gamma_q^{nen} \quad q = \overline{1, k}$$

$$a = \left( \sum_{i=q}^n y_{n+i} + \sum_{j=q-k}^{n-k} y_{2n+j} \right) \geq \Gamma_q^{nen} \quad q = \overline{k+1, n}.$$

где  $\Gamma_q^{ym}$   $\Gamma_q^{kym}$  - расчетные густоты пассажиропотоков в пределах  $q$ -й зоны в направлении к головной станции в утренний период «пик» и в остальной период суток, соответственно;

$\Gamma_q^{un}$   $\Gamma_q^{nen}$  - расчетные густоты пассажиропотоков в пределах  $q$ -й зоны в направлении от головной станции в вечерний период «пик» и в остальной период, соответственно.

Условия равенства числа «ниток» прибытия и отправления поездов на каждой зонной станции (условия стационарности) примут вид:

$$y_i + y_{n+i} = x_i + x_{n+i} \quad i = \overline{1, k-1}$$

$$y_k + y_{n+k} + \sum_{j=1}^{n-k} x_{2n+j} = x_k + x_{n+k} + \sum_{j=1}^{n-k} y_{2n+j} \quad i = k$$

$$y_i + y_{n+i} + y_{2n+i-k} = x_i + x_{n+i} + x_{2n+i-k} \quad i = \overline{k+1, n}$$

Ограничения по числу путей для ночного отстоя составов на зонных станциях:

$$x_i \leq r_i \quad i = \overline{1, k-1}$$

$$x_k + \sum_{j=1}^{n-k} y_{2n+j} \leq r_k \quad i = k$$

$$x_i \leq r_i + y_{2n+i-k} \quad i = \overline{k+1, n}$$

где  $r - i$ , - число путей для отстоя составов на  $i$ -ой зонной станции.

В качестве критериальной функции можно принять суммарные перевозочные затраты, пропорциональные поездо-километрам пробега:

$$z = \left( \sum_{i=1}^n (x_i + x_{n+i} + y_i + y_{n+i}) l_i \right) + \left( \sum (y_{2n+j} + x_{2n+j}) (l_{k+j} - l_k) \right) C_{n-km}$$

Кроме того имеют место условия неотрицательности и целочисленности переменных:

$$x_i \geq 0 \quad x_{n+i} \geq 0 \quad x_{2n+j} \geq 0$$

$$y_i \geq 0 \quad y_{n+i} \geq 0 \quad y_{2n+j} \geq 0$$

$$i = \overline{1, n} \quad j = \overline{1, n-k}$$

Задача минимизации функции при соответствующих условиях, является целочисленной линейной задачей математического программирования, которая может быть решена одним из известных численных методов [4].

**Выводы.** Анализ современного состояния и работы пригородного железнодорожного транспорта Украины показал, что он находится в кризисном

положении. Аналитические методы расчета размеров движения пригородных поездов, определяемых только величиной пассажиропотока, для интенсивных и неинтенсивных периодов перевозок не в полной мере отражают специфические особенности пригородных перевозок, не учитывают требования стационарности, путевого развития зонных станций, а также потерь пассажиров, связанных с ожиданием поездов.

Расчет размеров движения целесообразно проводить комплексно по всем периодам суток, определяя экономически выгодный вариант, учитывающий суммарные затраты железнодорожного транспорта на осуществление перевозок, потери времени пассажиров на ожидание поездов, а также на введение в график движения засыльных поездов. Такой способ расчета позволяет повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта, сократит его потери в связи с переходом части пассажиров на альтернативные виды транспорта, обеспечивает условия для организации оборота пригородных составов на головной и зонных станциях пригородного участка. Для сокращения затрат железнодорожного транспорта на организации перевозок пассажиров целесообразно в неинтенсивные периоды суток вводит в эксплуатацию наряду с поездами наибольшей вместимости (двенадцативагонными электропоездами) поезда уменьшенной вместимости (десяти-, восьми-, шестивагонные электропоезда).

#### Л и т е р а т у р а

1. Воробьев Н.А., Скрипников В.Е. Рациональные схемы движения пассажирских поездов. «Железнодорожный транспорт», 1968, №2.
2. Полинцев Е.П. Технологические особенности пригородных железнодорожных перевозок в условиях роста крупных городов. ЛИИЖТ, 1982.
3. Возможности снижения издержек при эксплуатации пригородных участков на железных дорогах Германии.-1996.-45, №9.-с.535.
4. Бещева Н.И. Сравнение отдельных видов тяги в пригородном пассажирском движении. М., «Транспорт», 1968. Тр. ВНИИЖТ, выш.358.

#### R e f e r e n c e s

1. Vorobyov of N., Skripnikov V. Rational charts of motion of passenger-trains. «Railway transport», 1968, №2.
2. Polincev E. Technological features of suburban railway transportations in the conditions of height of metropolises, 1982.
3. Possibilities of decline of expenses during exploitation of suburban areas on the railways of Germany.- 1996.-45, №9.-с.535.

4. Besheva N. Comparison of separate types of traction is in suburban passenger motion. М., «Транспорт», 1968. 358.

**Білецький Ю.В., Даниліна І.В., Шепитько О.В.**  
Дослідження методів розрахунку розмірів руху приміських поїздів.

*У статті наведені теоретичні дослідження методики розрахунку розмірів руху приміських поїздів на ділянці. Висвітлені проблеми розрахунку розмірів руху приміських поїздів. Висвітлені питання експлуатації складів однаковою композиції. Для скорочення витрат залізничного транспорту на організації перевезень пасажирів доцільно в неінтенсивні періоди доби вводити в експлуатацію поряд з поїздами найбільшої місткості (дванадцятивагонними електропоездами) поїзда зменшеною місткості (десяти-, восьми-, шестивагонні електропоезди).*

**Ключові слова:** модель, пасажиропотік, система, освоєння, інформаційне забезпечення, поїзд.

**Beletsky Y., Danilina I., Shepitko O. Investigation methods for calculating the size of local trains.**

*The paper presents the theoretical research methodology for calculating the size of local trains on location. Investigated methods calculation sizes local trains on the site. When covering issues exploitation formulations the same composition. To reduce costs of rail transport on the organization transportation passengers is expedient in the non-intensive periods day to enter into service along with the greatest capacity trains. Given the problem of calculating the size of local trains.*

*Calculating size motion appropriate conduct complex for all periods day by defining cost-effective waythat takes into account total costs of rail transport in realization transportations, loss time passengers waiting for trains aswellas introduction to the traffic schedule missent trains. This way calculate improves competitiveness of rail transport, reduce his losses due transfer passengers on alternative modes transport.*

**Keywords:** model, system, mastering, dataware, train.

**Білецький Ю.В.** – ст. викладач. кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СЧУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

**Даниліна І.В.** – магістрант кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СЧУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

**Шепитько О.В.** – асистент «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», СЧУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

Стаття подана 12.03.2015