

## СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Е. Ю. МИСЕВИЧ

*Гомельское отделение Белорусской железной дороги*

Важность пассажирских перевозок заключается в полном и своевременном обеспечении потребностей населения в перевозках. В Указе Президента Республики Беларусь от 25.04.2012 №202 «О мерах по развитию перевозок пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования» отмечается: «В целях создания условий для дальнейшего развития перевозок пассажиров железнодорожным транспортом общего пользования установлено, что перевозки пассажиров и багажа железнодорожным транспортом общего пользования осуществляются в следующих видах сообщений: городские линии, региональные, межрегиональные, международные и коммерческие линии».

Новый формат представляет собой комплексную систему организации пассажирских перевозок, направленную на эффективное удовлетворение потребностей пассажиров в транспортном обслуживании с использованием новых технологических решений и современного подвижного состава, ориентированную на усиление транспортных связей между регионами. В связи с этим возникает необходимость принятия мер, направленных на повышение качества обслуживания пассажиров и более эффективное использование подвижного состава

Оценка структурных особенностей пассажирских перевозок выполнена для международного и внутриреспубликанского сообщений.

Установлено, что наибольшая степень связности характерна для таких направлений, как Брест – Минск – Москва, Минск – Вильнюс – Калининград, Минск – Гомель – Харьков, Минск – Брест – Варшава, Гомель – Могилев – Витебск – Санкт-Петербург, Гомель – Щорс, Гомель – Херсон. Наиболее интенсивное движение поездов наблюдается между крупными городами, столицами государств, а также крупными городами и городами-курортами. Также влияет на движение поездов в направлении Калининграда тот факт, что Калининградская область находится отдельно от основной части России.

Анализ динамики движения пассажирских поездов по годам за период 2009–2012 гг. показал, что в 2011 г. возросло количество поездов, курсирующих по маршруту Минск – Москва, до 20 пар поездов, в 2009–2010 гг. этот показатель составил 15 пар поездов, по маршруту Минск – Варшава количество пар поездов возросло с 5 до 6. В 2012 г. возросло количество поездов, связывающих Минск и Санкт-Петербург, до 6 пар (ранее 4 пары). В то же время количество поездов, курсирующих по таким направлениям, как Минск – Харьков, Минск – Вильнюс – Калининград, снизилось. В 2009 г. по маршруту Минск – Вильнюс курсировало 10 пар поездов, в 2010, 2011 гг. – 8, в 2012 – 7. До Калининграда в 2009 г. следовало 6 пар поездов, в 2010, 2011 гг. – 5, в 2012 – 4. В 2012 г. с 8 до 7 пар поездов уменьшилось движение по направлению Минск – Харьков.

Во внутриреспубликанском сообщении наибольшая степень связности характерна для таких направлений, как Минск – Брест, Минск – Гомель, Витебск – Могилев – Гомель.

За период 2009–2012 гг. наблюдается рост движения пассажирских поездов по направлениям Минск – Брест с 19 до 24 пар, Минск – Витебск с 8 до 10, Брест – Витебск с 2 до 4. По маршруту Минск – Гомель наблюдается неравномерное изменение пассажирского движения; так, в 2009 и 2011 гг. города связывало 20 пар поездов, в 2010 – 21, в 2012 – 19 пар. По направлениям Минск – Могилев, Минск – Гродно, Гомель – Брест, Гомель – Гродно, Витебск – Гродно этот показатель остался без изменений: 2, 5, 3, 2, 2 пары поездов соответственно. Витебск и Могилев в 2009–2010 гг. связывали 13 пар поездов, в 2011 – 12, а в 2012 – 11; Витебск и Гомель в 2009–2011 гг. связывали 9 пар поездов, в 2012 их количество уменьшилось до 8.

Учет структурных особенностей организации пассажирских перевозок позволяет сократить возможные уровни риска организации перевозочного процесса, повысить его эффективность. В частности, предлагается использовать интеллектуальные технологии.

## АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДА В ТЯГОВЫХ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ РАСЧЕТАХ

К. М. ШКУРИН, Т. А. ГОЛДОБИНА, В. В. САЗОНОВ, Е. Н. ПОТЫЛКИН, Е. С. РЕУТ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При расчете оптимальной кривой скорости и времени движения поезда используются численные методы решения дифференциальных уравнений движения поезда.

Для решения дифференциальных уравнений можно использовать различные математические методы: метод Эйлера – Коши, метод Рунге – Кутты, метод Адамса, метод Шаплыгина и др.

Рассмотрим метод Эйлера – Коши с итерациями. Расчетные формулы выглядят следующим образом: (1) – метод Эйлера; (2) – метод Эйлера-Коши:

$$y_{i+1}^0 = y_i + \frac{dy_i}{dx} \Delta x, \quad (1)$$

$$y_{i+1}^k = y_i + \left( \frac{dy_{i+1}^{k-1}}{dx} + \frac{dy_{i+1}^k}{dx} \right) \frac{\Delta x}{2}, \quad (2)$$

где за  $\frac{dy_{i+1}^{k-1}}{dx}$  принимается каждый раз результат предыдущего уточнения до тех пор, пока определяемое  $y_{i+1}^k$  не удовлетворит требуемой точности решения, задаваемой в абсолютных или относительных величинах. Если после  $K = 6$  итераций не достигается требуемая точность решения, то производится дробление шага интегрирования  $\Delta x = \Delta x/2$  и новый расчет по рассмотренной схеме.

Основным выводом кандидатской диссертации Н. П. Дениско [1] является предложение использовать в тяговых расчетах метод Эйлера с шагом интегрирования  $\Delta S_n = 50$  м при расчете кривой движения поезда и шагом интегрирования  $\Delta S_n = 10$  м при расчете разгона и торможения.

В БелИИЖТе к. т. н. А. М. Костроминым и к. т. н. А. П. Кейзером [2] в 1970-е годы был разработан нетрадиционный и малоизвестный в математике метод интегрирования уравнения движения поезда (ИУДП), названный авторами методом линейной аппроксимации производной.

Расчетные формулы решения уравнения движения поезда имеют вид [3]:

Интегрирование по времени

$$\Delta V = V_{t_0} \left( 1 - e^{-\frac{\Delta t}{T_0} P_{n \rightarrow 0}} \right), \quad (3)$$

где

$$V_{t_0} = \frac{F_0}{-\left( \frac{dF}{dV} \right)_0}, \quad (4)$$

$$T_0 = \frac{Q + P}{-\left( \frac{dF}{dV} \right)_0}. \quad (5)$$

$P_{n \rightarrow 0}$  – параметр, характеризующий направление движения. При обычном расчете  $P_{n \rightarrow 0} = 1$ . При интегрировании уравнения движения поезда (ИУДП) в обратном времени  $P_{n \rightarrow 0} = -1$ . Индекс «0» обозначает, что соответствующая величина относится к началу шага интегрирования.

Частная производная

$$\left( \frac{dF}{dV} \right)_0 \approx \frac{F(V_0^*) - F_0}{V_0^* - V_0}, \quad (6)$$

где  $V_0^* = V_0 + \Delta V^*$  – скорость поезда, достаточно мало отличающаяся от начальной скорости  $V_0$ .

Путь, пройденный за шаг  $\Delta t$ :

$$\Delta S = (V_0 + V_{t_0}) \Delta t - T_0 \Delta V. \quad (7)$$

Интегрирование по пути

$$\Delta V = V_{S_0} \left( 1 - e^{-\frac{\Delta S}{S_0} P_{n \rightarrow 0}} \right), \quad (8)$$

где

$$V_{S_0} = \frac{F_0}{-\left( \frac{d\left( \frac{F}{V} \right)}{dV} \right)_0} V_0, \quad (9)$$



$$S_{v_0} = \frac{Q+P}{-\left(\frac{d\left(\frac{F}{V}\right)}{dV}\right)_0 V_0} \quad (10)$$

Частная производная:

$$\left(\frac{d\left(\frac{F}{V}\right)}{dV}\right)_0 = \frac{\frac{F(V_0^*)}{V_0^*} - \frac{F(V_0)}{V_0}}{V_0^* - V_0} \quad (11)$$

Время на шаге  $\Delta S$ :

$$\Delta t = \frac{1}{V_0 + V_{s_0}} \left( \Delta S + S_{v_0} \ln \left( 1 + \frac{\Delta S}{V_0} \right) \right) \quad (12)$$

Результаты расчетов, выполненных на ЭВМ, показывают, что малоизвестный в математике метод линейной аппроксимации производной при ИУДП гораздо эффективнее метода Эйлера. Заданный шаг интегрирования  $\Delta S_i$  может быть равным  $\Delta S_i = 500..1000$  метров, т. е. совпадать с шагом варьирования, что приводит к существенному сокращению времени при выполнении тяговых оптимизационных расчетов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Дениско, Н.П. Выбор метода интегрирования уравнения движения поезда для ЭЦВМ на основе статистической оценки тяговых расчетов: автореф. и диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / МИИТ. – М., 1964.
- 2 Кейзер, А. П. Совершенствование режимов вождения поездов и повышение эксплуатационной надежности графика движения: автореф. и дис... канд. техн. наук БелГУТ / А. П. Кейзер. – Гомель, 1995. – 176 с.
- 3 Шкурин, К. М. Дифференциальные уравнения движения поезда и методы их решения с помощью ПЭВМ / К. М. Шкурин, Е. В. Савинова, М. А. Шац : сб. студ. науч. работ. Вып. 17 / под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель: БелГУТ, 2010. – 391 с.