

**УДК 656.2**

**АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ДЛЯ  
ОДНОПУТНЫХ УЧАСТКОВ В УСЛОВИЯХ СЕЗОННОЙ  
НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПЕРЕВОЗОК**

**Гарейшина Юлия Игоревна**

Студент 3 курса магистратура

Белогорский ДЦС-3, дежурная по станции, Хабаровский  
ДВГУПС

(Россия, г. Хабаровск)

В статье проведен анализ значимости оптимизации показателей графика движения поездов для повышения эффективности деятельности железнодорожного транспорта. Предложена модель оптимизации графика движения поездов для однопутных участков в условиях сезонной неравномерности перевозок.

**Ключевые слова:** транспортировка, грузопоток, маршрутизация поездов, моделирование

**ANALYSIS OF THE DIRECTION OF OPTIMIZATION OF  
INDICATORS GRAPHICS OF TRAIN TRAFFIC FOR  
SINGLE-PATH SECTIONS UNDER CONDITIONS OF  
SEASONAL DIFFERENCE OF TRANSPORTATION**

**Gareishina Julia Igorevna**

3rd year student

Belogorsk DCS-3, station duty officer, Khabarovsk DVGUPS  
(Russia, Khabarovsk)

The article analyzes the significance of optimizing train schedule indicators to improve the efficiency of railway transport. A model is proposed for optimizing the train schedule for single-track sections in conditions of seasonal traffic unevenness.

**Key words:** transportation, freight traffic, train routing, modeling

Железнодорожный транспорт является составной частью производственно-транспортной цепи, перед которой ставится задача достичь высокой экономической эффективности при осуществлении процессов транспортировки грузов и пассажиров. Анализ развития прогрессивных технологий графика движения поездов показывает, что предпочтение должно отдаваться высокорентабельным перевозкам, учитывающим сезонную неравномерность. С учетом конкуренции на транспортном рынке повышение экономической эффективности железнодорожных перевозок является определяющим фактором финансовой стабильности работы железных дорог России [1].

В настоящее время большинство железнодорожных линий испытывают серьезные трудности в обработке возросшего потока грузовых поездов со значительным пассажиропотоком. Это накладывает жесткие требования на разработку графика движения поездов и устанавливает его количественные и качественные показатели в виде нормативов, позволяющих оценить количественно и качественно перевозочную деятельность железнодорожного транспорта и его структурных подразделений. В связи с этим необходимо повысить уровень стабильности расписания поездов, создав в нем определенные временные провалы, позволяющие устранить ошибки. Чаще всего в таких процессах используются методы моделирования, вычислительной теории, построения графика расписания поездов, маршрутизации поездов на базе моделирования конфигурации расписания.

В научной среде, среди специалистов транспортных технологий и организации перевозок на железнодорожном транспорте, постоянно ведется дискуссия относительно вариантов организации поездопотока на железнодорожных направлениях, участках, железнодорожных узлах. Рассматриваются два основных принципа:

- 1) отправление поездов при накоплении нормы состава;

2) отправления поездов по «жесткому графику», независимо от имеющегося количества вагонов и их веса [3, 5].

Считается, что при условии накопления весовой нормы (особенно при низкой интенсивности поступления вагонов в пункты накопления) увеличиваются вагоно-часы накопления. Это, в свою очередь, приводит к существенному увеличению времени формирования состава, и, как следствие, к увеличению технологических сроков доставки грузов, которые часто превышают уставные сроки доставки.

При организации по жесткому графику обеспечивается надлежащая ритмичность взаимодействия «железная дорога - клиент», однако данный способ, как считается, не обеспечивает должной эффективности использования тягового подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры, как правило, формируются неполные составы поездов. Исследовать указанную проблематику аналитическими моделями сложно из-за большого количества масштабных факторов и масштабности процесса, особенно при учете вероятностного поступления вагонов в пункты накопления. Решение данной задачи осложняется в случаях составления графика движения поездов для однопутных участков в условиях сезонной неравномерности перевозок. Следовательно, решение указанной научно-прикладной задачи остается актуальным и сегодня, и может быть решено имитационным моделированием [2].

Анализ современных исследований в области совершенствования технологии работы в развитых железнодорожных узлах показывает, что особое внимание уделяется именно оптимизации процесса расформирования-формирования составов на технических станциях и формализации моделей функционирования транспортных систем. Некоторые исследователи выделяют серьезное влияние коэффициента эффективности пропускной способности поезда на выбор сконфигурированной схемы маршрутизации поездов, а также один из важнейших факторов, вызывающих ухудшение стабильности выполнения расписания поездов -

несогласованность в движении поездов, особенно актуально это для однопутных участков в условиях сезонной неравномерности перевозок.

Интерес представляет статья доктора технических наук, профессора И.М. Кокурина, в которой предлагаются технические решения и обсуждаются перспективы внедрения сложных систем диспетчеризации поездов и автоматического вождения в пределах зоны диспетчерского контроля. Особое внимание уделяется проблемам, касающимся системного взаимодействия и прогнозируемого времени прибытия поезда на станции по маршруту, что соответствует изменяющимся условиям движения поездов. В статье продемонстрировано, что для создания удовлетворительного прогноза времени прибытия поездов должны использоваться данные о своевременном получении информации о движении каждого поезда посредством расчетов и моделирования реальных перемещений поездов на участках. Определяется возможность использования комплекса централизованного контроля движения транспорта и автоматического вождения поездов в пределах зоны контроля каждого диспетчера, а своевременная обработка информации центральным устройством железнодорожной зоны способна создать точный прогноз времени прибытия поездов в границы основных станций [2].

Для анализа и прогнозирования времени задержек, организации поездов на участках рассматривается модель нечеткого управления, которая обеспечивает возможность автоматизации процессов управления парками технических систем с учетом нечетких параметров систем управления [4]. Однако, предложенная модель позволяет оценить технологические процессы сортировочных станций в развитых железнодорожных узлах.

Для оптимизации показателей графика движения поездов для однопутных участков в условиях сезонной неравномерности перевозок предлагаем модель, целевая функция которой имеет вид сложного функционала:

$$C = K( C_n, C_{з.пл}, C_{нак}, C_{нр.д}. ) \quad (1)$$

где - - расходы на топливо, - расходы на заработную плату локомотивным бригадам, - расходы на накопление, - масса поезда брутто, кг.

где -  $C_n$  - расходы на топливо,  $C_{з.пл}$  - расходы на заработную плату локомотивным бригадам,  $C_{нак}$  - расходы на накопление,  $Q_{бр}$  - масса поезда брутто, кг.

В полном виде по  $n$ -отправленным поездам за единицу времени:

$$C = \sum_{i=1}^n \int_{b(r)}^{b(r+1)} f(Q_{бр}) dQ_{бр} \cdot \left[ \frac{Q_{бр}(i) \cdot L(i)}{10000} \kappa \cdot c'_n + \sum_{d=1}^l c'_{зпл}(i) \cdot 2L_{зб}(d) + (m^{\phi_{оп}}(i) \cdot t^n(i) \cdot c_{ваг.год}) + \sum_{j=1}^K [T_{\phi}(i, j) - T_{нор}(i, j)] \cdot Ko \right] \rightarrow \min \quad (2)$$

при системе ограничений:

$$\begin{cases} Q_{бр} \leq Q_{\max} \\ m \leq m_{\max} \\ T_{\phi} \leq T_{нор} \end{cases}$$

где -  $i$ - количество поездов, отправлено в системе за единицу времени;  $b(r)$ ,  $b(r+1)$ - концы частичных интервалов разбиения гистограммы случайной величины массы состава;  $f(Q_{бр})$ - плотность функции распределения случайной величины массы состава;  $L$  расстояние перевозки груза, км;  $\kappa$  - коэффициент нормированных удельных затрат;  $c'_n$  - стоимость 1 тонны топлива, руб;  $c'_{зпл}$  - расценка за поездку локомотивным бригадам, в зависимости от массы грузового поезда на 1 км пробега, руб.;  $L_{зб}$  - длина плеча оборота локомотивных бригад, км;  $m^{\phi_{оп}}$  - количество вагонов поезда, который формируется;  $t^n$  - время накопления поезда, ч;  $c_{ваг.год}$  - стоимость одного вагоно-часа, руб.;  $j$  - количество вагонов в составе поезда;  $T_{\phi}$ - фактический срок доставки, суток;  $T_{нор}$ - нормативный срок доставки, суток;  $Ko$  - коэффициент начисления штрафа за

просрочку доставки груза;  $Q_{\max}$ ,  $m_{\max}$  - ограничения по массе и длине состава.

Разработанная модель представляет задачу стохастического программирования, стохастичность которой обусловлена вероятностной природой показателя массы состава  $Q_{\partial p}$  на определенный временной момент.

Для изучения вероятностных характеристик проведены исследования функции распределения случайной величины (ВВ) массы состава с определением ее структуры и параметров (Котенко А.Г., Грачев А.А., Гоголева А.В., Шманев Т.М. [3]). На основании анализа статистических данных наряду с традиционными (Лапласа-Шарлье, Гаусса) выявлены дополнительные виды распределений массы состава во временном и пространственном отношении для сезонных условий. Такими делениями является распределение Вейбулла-Гнеденко с плотностью распределения

$$f(Q) = \alpha \cdot \beta \cdot Q^{\beta-1} \cdot \exp(-\alpha \cdot Q^{\beta}), \quad (4)$$

где  $Q$  - вес  $i$ -го состава, а  $\alpha$  та  $\beta$  параметры, при изменении математического ожидания ВВ от минимального значения до максимального  $\alpha \in [2,011 \cdot 10^{-3}; 2,82 \cdot 10^{-3}]$ ,  $\beta \in [4,817; 4,977]$ ; и синусоидного распределения с плотностью:

$$f(Q) = [B + A \cdot \sin(\omega \cdot Q + a)] \cdot C, \quad (5)$$

где параметр  $B \in [17; 20,5]$ - смещение синусоиды по вертикали;  $A \in [8; 11,5]$ - амплитуда;  $\omega \in [-0,0016; 0,002]$ - циклическая частота;  $a \in [-6,46; 2,65]$ - сдвиг по фазе.

На основании аналитических зависимостей отдельными исследователями проведено изучение влияния массы поезда на такие показатели эксплуатационной работы системы "сортировочная станция - прилегающие участки" как время накопления поездов на путях сортировочного парка, выражающееся в увеличении сроков доставки грузов и не определенного времени прибытия, что в текущий момент

времени является существенным конкурентным недостатком железной дороги; расходы на топливо или электроэнергию по поездной и маневровой работе [4]; скорость доставки груза и качество перевозки вообще; размеры движения на участке; количество локомотивных и поездных бригад; среднесуточный пробег вагонов и локомотивов и, как следствие, их производительность; ходовая и участковая скорость; план формирования поездов. С одной стороны, увеличение массы поезда способствует более эффективному использованию подвижного состава и локомотивных бригад. С другой стороны - ухудшается качество перевозок вследствие увеличения времени накопления вагонов на путях сортировочного парка, что означает увеличение срока доставки груза и, тем самым, снижает конкурентоспособности железной дороги.

#### *Список литературы*

1. Клеванский Н.Н., Антипов М.А. Формирование транспортных расписаний // Образовательные ресурсы и технологии. 2016. №4 (16). С.71-91.
2. Кокурин И.М. Интеллектуальная система управления движением поездов на основе автоматизации диспетчерского регулирования и центрального автоведения // Автоматика на транспорте. 2018. №3. С.305-314.
3. Котенко А.Г., Грачев А.А., Гоголева А.В., Шманев Т.М. Вопросы повышения стабильности выполнения графика движения поездов // БРНИ. 2018. №1. С.59-70.
4. Лазарев А.А., Тарасов И.А. Составление оптимального расписания движения поездов между двумя станциями, Соединенными однопутной железной дорогой с разъездом // УБС. 2015. №58. С.244-284.
5. Никитин А.Б., Кушпиль И.В., Кокурин И.М., Шаров В.А. Новый подход к организации движения поездов на малодейственных линиях ОАО «РЖД» // Автоматика на транспорте. 2018. №4. С.561-579.

© Гарейшина Ю.И., 2020