

– потеря грузопотока отдельными портами приводит, как правило к перераспределению этих грузопотоков на другие порты без потери доходов АО «Укрзализныця».

Поэтому стивидорные компании портов заинтересованы в создании операторов железнодорожной инфраструктуры подъездных путей портов и портовых станций, финансирование развития инфраструктуры которых будет осуществляться за счет стивидорных компаний. Такие операторы, по аналогии с *Hamburg Port Railway*, будут с одной стороны сильными партнерами АО «Укрзализныця», а с другой будут эксплуатировать и развивать железнодорожную инфраструктуру портов.

Такие операторы будут монополистами по отношению к стивидорным компаниям, а также будут конкурировать и взаимодействовать с менеджером железнодорожного транспорта – АО «Укрзализныця». В связи с этим деятельность оператора железнодорожной инфраструктуры требует четкого регулирования.

Проект Закона Украины «О железнодорожном транспорте» создает финансовые условия для существования операторов железнодорожной инфраструктуры так как он предполагает выделение в структуре железнодорожного тарифа дополнительных и вспомогательных услуг, в частности услуг железнодорожными станциями.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

■ Козаченко Дмитрий Николаевич, Украина, г. Днепр, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, профессор кафедры управления эксплуатационной работой, д-р техн. наук, профессор, dmytro.kozachenko@outlook.com;

■ Березовый Николай Иванович, Украина, г. Днепр, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, заведующий кафедрой транспортные узлы, канд. техн. наук, доцент, m.berezovy@gmail.com;

■ Малашкин Вячеслав Витальевич, Украина, г. Днепр, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, доцент кафедры транспортные узлы, канд. техн. наук, доцент, viacheslav.malashkin@gmail.com

УДК 656.21:656.25

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ВАГОНПОТОКА ПРИ РАСЧЕТЕ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

В. Г. КОЗЛОВ

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Важной задачей повышения эффективности перевозочного процесса на железной дороге является оптимизация расходов на организацию вагонопотоков в поезда различных категорий на основе поиска наилучшего плана

формирования грузовых поездов (ПФП). Задача выбора ПФП на железной дороге относится к технико-экономическим задачам с большим количеством возможных вариантов организации вагонопотоков из множества корреспонденций с различными параметрами и условиями их пропуска в железнодорожной сети. Поэтому расчеты по нахождению оптимального ПФП требуют достаточно сложных логических действий и квалифицированного труда при использовании аналитических методов расчета. Например, на железнодорожном направлении из десяти технических станций число вариантов назначений ПФП превышает 68 миллиардов. Для каждого варианта из указанного множества на основе аналитических зависимостей определяются зависящие эксплуатационные затраты и отбирается вариант с наименьшими затратами, который, при отсутствии технических и технологических ограничений перевозочного процесса, и будет являться оптимальным вариантом организации вагонопотоков.

В связи с трудоемкостью решения задачи многими учеными в области эксплуатации железных дорог были разработаны аналитические методы, упрощающие процедуру и алгоритмы расчета. Аналитические методы позволяют за относительно небольшое количество операций для расчетного железнодорожного направления с достаточно большим числом технических станций определить оптимальный ПФП. При этом допускаются отклонения результата расчета от оптимального – нахождение не оптимального варианта ПФП, а близкого к нему. Для определения степени погрешности результатов расчетов и вероятности нахождения оптимального значения произведены исследования по оценке точности аналитических методов расчета ПФП [1].

Методика исследования содержит следующие этапы:

- моделирование исходного состояния расчетного железнодорожного направления;
- моделирование корреспонденций вагонопотоков на расчетном железнодорожном направлении;
- определение оптимального ПФП методом абсолютного расчета;
- расчет ПФП аналитическими методами и проведение сравнительного анализа полученных результатов расчетов с оптимальным значением.

Параметрами исходного состояния железнодорожного направления являются:

- количество железнодорожных станций на расчетном направлении $k_{ст}$;
- затраты на накопление состава поезда на железнодорожных станциях расчетного направления Z_i ;
- экономия от проследования вагонопотока железнодорожной станции без переработки E_i .

Определение масштаба (границ) моделирования параметров исходного состояния железнодорожного направления осуществляется на основании анализа показателей работы технических станций Белорусской железной дороги (БЧ) за период с 2010 по 2020 годы. Анализ затрат вагоно-часов на

накопление составов поездов на железнодорожных станциях БЖД позволил установить, что фактические значения затрат находятся в интервале от 91 до 1167 вагоно-часов, а математическое ожидание значения составляет 493 вагоно-часа. При этом затраты на накопление составов поездов, значения которых составляют менее 300 вагоно-часов, характерны для грузовых станций с массовой погрузкой грузов, где основная работа по формированию поездов производится на путях необщего пользования.

На основании анализа затрат времени на переработку вагонопотоков на станциях БЧ установлено, что для моделирования параметров экономии от проследования вагонопотока без переработки их значения должны находиться в интервале от 3 до 14 часов с математическим ожиданием значения – 7 часов.

Моделирование значений размеров корреспонденций вагонопотоков на расчетном направлении осуществляется после моделирования исходного состояния железнодорожного направления, а границы моделирования значений определяются на основании установленных границ затрат на накопление составов поездов и экономии от проследования вагонопотока без переработки. Математически обоснованную верхнюю границу возможного значения величины расчетных корреспонденции вагонопотока можно определить:

$$N_{\max} = \frac{3_i}{E_i} \quad \text{или} \quad N_{\max} = \frac{cm_{\max}}{T_{\min}^{\text{эк}}}, \quad (1)$$

где cm_{\max} – максимально возможные затраты на накопление состава поезда, вагоно-час; $T_{\min}^{\text{эк}}$ – минимально возможная экономия от проследования вагонопотока по станции без переработки, ч.

Моделирование корреспонденций вагонопотоков, размер которых превышает установленную границу N_{\max} будет нецелесообразным, т. к. на первом этапе расчета ПФП, любым из рассматриваемых методов, данные корреспонденции вагонопотоков будут выделены в самостоятельное назначение и исключены из дальнейшего расчета. Процедура моделирования должна учитывать границы значений, а также установленную частоту их распределения.

Для проведения моделирования и соответствующих расчетов исследования потребовались значительные вычислительные ресурсы, поэтому все расчеты производились на базе вычислительного облака Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2). Amazon EC2 – это веб-платформа, предоставляющая безопасные масштабируемые вычислительные ресурсы в облаке в масштабе всего Интернета.

В результате проведенного исследования установлено, что с увеличением числа станций на железнодорожном направлении количество совпадений результатов расчетов методом совмещенных аналитических сопоставлений с оптимальным ПФП уменьшается и при 15 станциях составляет 2 % совпадений. Максимальное отклонение величины затрат достигает 13 %, что в объеме затрат на систему организации вагонопотоков составляет сотни тысяч рублей.

Также в результате проведенного исследования методов расчета ПФП предлагается использовать общее условие оценки корреспонденций вагонопотоков позволяющие увеличить точность аналитических методов расчета ПФП. При одинаковых исходных данных метод совмещенных аналитических сопоставлений с предложенным общим условием оценки, адаптивным к параметрам множества исходных корреспонденций, позволяет получать более точные результаты расчета ПФП. Например, при 15 технических станциях на направлении количество совпадений с оптимальным ПФП составляет более 60 %, а отклонение полученных затрат составляет только 2,5 %.

Аналитические методы расчета ПФП и методики на их основании, при всех различиях математической формализации и интерпретации задачи расчета, должны основываться на следующих положениях оценки целесообразности выделения корреспонденций вагонопотоков в отдельное сквозное назначение:

– корреспонденции вагонопотока могут быть выделены в отдельное сквозное назначение ПФП только при выполнении общего адаптивного условия [2]:

$$t_{pq}^{\text{нр}} = \max \left(\frac{n_{pq} \sum_{i=p+1}^{q-1} t_i^{\text{эк}} - c_p m_p}{n_{pq}} \right)$$

или

$$t_{pq}^{\text{нр}} = \max \left(\sum_{i=p+1}^{q-1} t_i^{\text{эк}} - \frac{c_p m_p}{n_{pq}} \right), \quad (2)$$

где $n_{pq} \sum_{i=p+1}^{q-1} t_i^{\text{эк}}$ – суммарная экономия приведенных затрат от проследования

корреспонденций вагонопотока n_{pq} без переработки по всем попутным техническим станциям, расположенным на маршруте между станциями p и q , вагоно-часов; $c_p m_p$ – затраты на накопление вагонов на станции p назначением на станцию q , вагоно-часов; n_{pq} – общий размер корреспонденций вагонопотока между станциями p и q , вагонов.

– корреспонденции вагонопотока, для которых не выполняется условие (2), не должны выделяться в отдельное сквозное назначение ПФП.

Критерий оценки корреспонденций вагонопотоков определяется выбранной методикой расчета ПФП. В качестве критерия могут быть использованы, как приведенные вагоно-часы, так и затраты, выраженные в денежных единицах.

Процедура оценки целесообразности выделения корреспонденций вагонопотоков из заявленного множества в отдельное сквозное назначение ПФП состоит из следующих основных этапов:

- формирование конкурентных вариантов назначений корреспонденций вагонопотоков согласно методике расчета ПФП;
- определение суммарной экономии затрат от проследования корреспонденций вагонопотока без переработки по каждому варианту назначения;
- определение соответствующих затрат на накопление вагонов на станциях формирования;
- оценка и выделение в оптимальный ПФП назначения корреспонденции вагонопотоков удовлетворяющее условию 2.

Необходимо отметить, что в отличие от традиционных условий оценки [3], которые отражали количественную величину затрат, предложенное условие адаптивной оценки (2) характеризует качественную составляющую – затраты, приходящиеся на единицу размера корреспонденции вагонопотока.

В результате исследования и комплексного анализа состояния проблемы организации вагонопотоков в поезда различной категории установлено, что для повышения эффективности маршрутизации перевозок грузов на железнодорожном транспорте необходимо совершенствовать систему расчета ПФП. Требуется повысить достоверность и актуальность исходных параметров расчета, а также использовать адаптивную систему оценки корреспонденций вагонопотоков при выделении их в оптимальный ПФП.

Список литературы

1 **Кузнецов, В. Г.** Оценка использования аналитических методов расчета плана формирования одногруппных грузовых поездов / В. Г. Кузнецов, В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2013. – № 1. – С.49–51.

2 **Козлов, В. Г.** Использование общего условия оценки выделения назначений при расчетах плана формирования методом совмещенных аналитических сопоставлений / В. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2014. – № 1. – С. 58–60.

3 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте / П. С. Грунтов [и др.] ; под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Козлов Владимир Геннадьевич, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», заведующий НИЛ «Управление перевозочным процессом», vgkozlov@gmail.com.