

УДК 656.223

Д. Н. КОЗАЧЕНКО, доктор технических наук, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, Украина; А. И. ВЕРЛАН, заместитель генерального директора, ООО с ИИ «Трансинвестсервис», Украина; Ю. Н. ГЕРМАНЮК, ассистент, Львовский филиал Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ГРУЗОВ ПО РАСПИСАНИЮ

Выполнена оценка эффективности перевода грузовых поездопотоков на движение по расписанию на основе организации экспортных перевозок железорудного сырья с Полтавского ГОК в транспортный узел ТИС для перегрузки на морской транспорт.

С переходом Украины к рыночной экономике произошли значительные изменения в условиях эксплуатации железнодорожного транспорта. В настоящее время сформировался парк собственных вагонов, величина которого превышает инвентарный парк Укрзалізниця. Следующим этапом рыночных реформ на железнодорожном транспорте, в соответствии с программой экономических реформ Президента Украины «Состоятельное общество, конкурентоспособная экономика, эффективное государство», является выход на рынок независимых перевозчиков [1]. Указанные изменения требуют трансформирования методов организации движения поездов с целью учета структуры парка вагонов по собственности. Анализ отечественного и зарубежного практического опыта, имеющихся научных исследований в области организации перевозок грузов на железнодорожном транспорте [2–7] позволяет сделать вывод о том, что одним из направлений совершенствования перевозочного процесса является технология организации движения грузовых поездов на основе твердых ниток графика по расписанию.

Несмотря на то, что данная технология представляется как инновационный продукт, внедрение движения грузовых поездов по расписанию в СССР имеет достаточно длительную историю и данная технология не приобрела широкого распространения даже в условиях плановой экономики. Анализ исследований, выполненных в Российской Федерации [2], показывает, что основной эффект от организации движения грузовых поездов по расписанию достигается за счет улучшения показателей использования локомотивов и локомотивных бригад и связан в основном с экономией затрат перевозчика.

Необходимо отметить, что грузоотправители не спешат переходить к организации перевозок «твердыми нитками» так как это вызывает дополнительные простои вагонов на промышленных предприятиях, требует развития их путевой емкости, а нормативная база по ответственности железных дорог за выполнение расписания движения грузовых поездов отсутствует [8]. Однако выделение в значительном числе случаев кольцевых маршрутов движения частных вагонов, более высокая плата за пользование ими по сравнению с инвентарными, а также старение локомотивного парка Укрзалізниця, степень износа которого составляет более 95 %, создает условия для того, чтобы перевозки грузов на отдельных направлениях по расписанию были эффективными. Более того, в случае появления незави-

симых перевозчиков на транспортном рынке Украины указанная технология будет для них основной, так как движение поездных формирований с частной локомотивной тягой будет осуществляться по выделенным оператором инфраструктуры ниткам графика.

В этой связи достаточно актуальной задачей в настоящее время является оценка эффективности перевода грузовых поездопотоков на движение по расписанию. Принципиально можно выделить два направления внедрения «твердых ниток». Во-первых, «твердые нитки» графика могут быть эффективными при осуществлении технологических перевозок, перевозок ценных и скоропортящихся, а также других грузов, для которых актуальной является доставка «точно в срок». Во-вторых, использование «твердых ниток» графика может быть эффективным при выполнении массовых перевозок с устойчивыми во времени объемами, для которых актуальной является задача сокращения оборота вагонов. В данной работе исследовался второй случай.

Исследования проводились на основе организации экспортных перевозок железорудного сырья с Полтавского ГОК в транспортный узел ТИС для перегрузки на морской транспорт. В качестве направления совершенствования перевозочного процесса предлагается организация движения поездов по расписанию. Система обработки вагонов представляет собой многофазную стохастическую систему массового обслуживания. При этом принято, что в процессе обслуживания вагон последовательно может находиться в следующих фазах:

- погрузка (от приема до окончания уборки с грузового фронта);
- накопление составов груженых поездов;
- отправление груженых поездов;
- следование груженых поездов на направлении Полтавский ГОК – ТИС;
- выгрузка (от приема до окончания уборки с грузового фронта);
- накопление порожних поездов;
- отправление порожних поездов;
- следование порожних поездов на направлении ТИС – Полтавский ГОК.

В связи с тем, что система пропуска вагонопотоков является достаточно сложной, и в ней присутствуют значительные обратные связи, то в качестве основного метода исследования выбрано имитационное моделирование. Принципиальная схема имитационной модели представлена на рисунке 1.

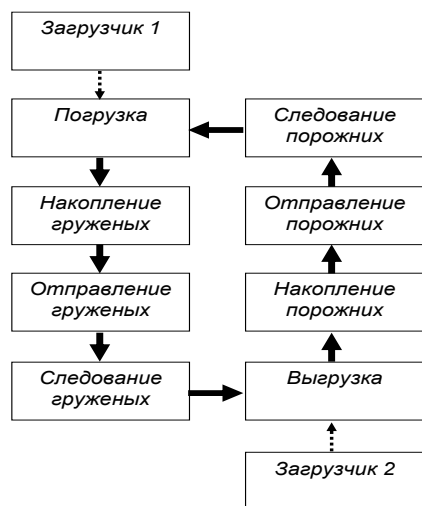


Рисунок 1 – Принципиальная схема модели следования вагонопотоков

Начальное заполнение системы вагонами обеспечивается «Загрузчиком 1» и «Загрузчиком 2», каждый из которых через одинаковые промежутки времени подает по одному вагону в систему $n_p/2$ вагонов (здесь n_p – рабочий парк вагонов, задействованный для перевозок). Продолжительности нахождения вагона в системах погрузки и выгрузки моделируются как случайные величины, распределенные по логнормальному закону. Продолжительности нахождения поездов в системах отправления, а также следования груженых и порожних вагонов при традиционной технологии организации перевозочного процесса также моделируются как случайные величины, распределенные по логнормальному закону. При отправлении поездов по расписанию продолжительности нахождения груженых и порожних вагонов в системах отправления и следования приняты постоянными. Производительности погрузо-разгрузочных механизмов приняты постоянными. Имитационная модель движения кольцевого маршрута реализована в виде программного комплекса. Параметры распределения случайных продолжительностей нахождения вагонов в различных фазах определены на основании статистического анализа процесса перевозки железнодорожного сырья с Полтавского ГОК в ТИС. Продолжительность движения груженых и порожних поездов по «твердым ниткам» спрогнозирована на основании анализа графиков движения с учетом запасов, необходимых для компенсации воздействия случайных факторов [6].

Предварительные эксперименты по моделированию процесса продвижения вагонопотоков показали, что рассматриваемая система обладает определенной пропускной способностью, при этом теоретически необходимое количество вагонов для функционирования системы определяется как

$$n_{\text{рп}} = \frac{\theta N_p m_c}{24},$$

где θ – оборот вагона, ч; N_p – количество пар поездов в сутки, отправляемых по расписанию; m_c – состав поезда.

Превышение количеством вагонов значения n_p приводит к тому, что излишек вагонов постоянно находится в накоплении. Если число вагонов меньше значения n_p , то в определенные моменты времени складываются

ситуации, когда нитки графика не могут быть обеспечены составами поездов. Учитывая, что точное значение оборота вагонов подвержено влиянию случайных факторов, то для определения значения $n_{\text{рп}}$ моделирование пропуска вагонов осуществлялось в два этапа. На первом этапе моделирование выполнялось с завышенным значением n_p . При этом фиксировалось минимальное количество груженых и порожних вагонов, находящееся в накоплении, соответственно $m_{\text{нг}}$ и $m_{\text{пп}}$. На втором этапе после стабилизации процесса моделирования из накопления груженых и порожних вагонов исключалось соответственно $m_{\text{нг}}$ и $m_{\text{пп}}$ вагонов (рисунок 2).

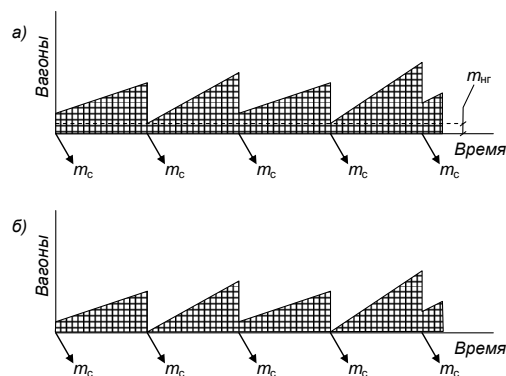


Рисунок 2 – Моделирование процесса накопления вагонов: а – на первом этапе; б – на втором этапе

С целью оценки влияния взаимного размещения ниток на графике на величину оборота вагонов выполнен ряд имитационных экспериментов. При этом смещение моментов отправления маршрутов со станций погрузки и выгрузки Δ варьировалось в пределах $[0, 24/N_p]$ часов с интервалом в один час. Для каждого варианта смещения Δ выполнялось 10 экспериментов, отличающихся начальными значениями датчиков случайных чисел. На рисунке 3 представлен график зависимости среднего оборота вагонов от величины Δ при отправлении 3 поездов в сутки по расписанию при среднем квадратическом отклонении продолжительности грузовых операций 3 часа.

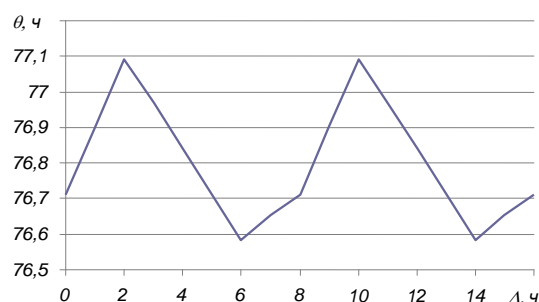


Рисунок 3 – Зависимость оборота вагонов от разницы во времени отправления маршрутов со станций погрузки и выгрузки

В целом анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что при величине отношения периода графика к среднему квадратическому отклонению времени нахождения вагона в системе грузовых операций меньше 3, положение выделенных ниток на графике несущественно влияет на величину оборота и вызывает его изменение в пределах 1 %. В этой связи при малых объемах отправления грузовых поездов по расписанию при разработке графика движения поездов должна учитываться технология работы грузоотправи-

телей и грузополучателей с целью минимизации простоя вагонов на подъездных путях. При увеличении размеров отправления поездов по твердым ниткам внутренние процессы, происходящие на промышленных предприятиях, при разработке графика могут не учитываться.

Для определения величины дополнительного простоя вагонов в ожидании нитки графика выполнена серия имитационных экспериментов, в которых варьировались объемы отправления от 2 до 6 ниток. Для каждого размера движения ставилось $m_{оп} = 10$ параллельных опытов. В результате выполнения экспериментов фиксировались следующие показатели $n_{р,ij}$ – рабочий парк вагонов для обеспечения перевозки, $\theta_{р,ij}$ – оборот вагонов при перевозке по расписанию; $t_{нр,ij}$, $t_{нпр,ij}$ – соответственно продолжительность нахождения грузеного и порожнего вагонов от момента поступления в накопление до момента начала обработки по отправлению (здесь i – номер варианта размеров движения $i = [2, 6]$, j – номер опыта $i = [1, 10]$). Средний простой вагонов от момента поступления в накопление до момента начала обработки по отправлению определялся как

$$t_{нр,i} = \frac{1}{2m_{оп}} \sum_{i=1}^{m_{оп}} (t_{нр,ij} + t_{нпр,ij}).$$

Для сравнения определялся простой вагонов в накоплении при отправлении поездов без расписания при тех же среднесуточных объемах перевозок. При этом в каждом отдельном опыте задавался рабочий парк вагонов, равный $n_{р,ij}$. Простой вагонов в накоплении

$$t_{нн,i} = \frac{\theta_{р,i}}{2m_{оп}} \sum_{i=1}^{m_{оп}} \frac{(t_{нн,ij} + t_{нпр,ij})}{\theta_{н,ij}},$$

где $t_{нр,ij}$, $t_{нпр,ij}$ – продолжительность нахождения грузеного и порожнего вагонов в накоплении; $\theta_{н,ij}$ – оборот вагонов при перевозке грузов по накоплению.

Величина дополнительного простоя в ожидании нитки графика

$$t_{доп,i} = t_{нр,i} - t_{нн,i}.$$

Полученная зависимость дополнительных простоев в ожидании нитки графика $t_{доп}$ от размеров движения представлена на рисунке 4.

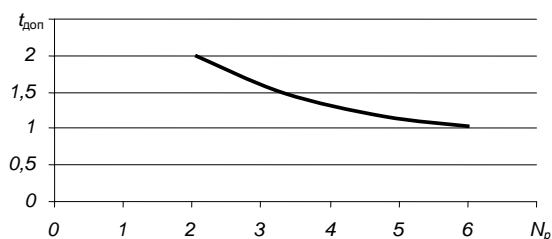


Рисунок 4 – Зависимость дополнительных простоев в ожидании нитки графика $t_{доп}$ от размеров перевозок

В целом при организации движения грузовых поездов по расписанию для рассмотренного случая перевозки 8 млн т железорудного сырья с Полтавского ГОК в ТИС достигается повышение маршрутной скорости на 85 % и сокращение оборота вагонов на 21 час (20 %), что

Получено 05.05.2013

D. N. Kozachenko, A. I. Verlan, Y. N. Germanyuk. The investigation of organization of metallurgical goods transportation according to schedule.

Evaluating the effectiveness of transfer of freight of flows trains on schedule through the organization of export shipments of iron ore from Poltava Mining to transport hub of TIS for transshipment by sea is considered in the paper.

обеспечивает экономический эффект от сокращения расходов на железнодорожные вагоны не менее 2,5 млн USD в год. В то же время указанная величина составляет всего лишь 3,9 % от общих расходов на перевозку и 4,8 % от стоимости услуг железнодорожной инфраструктуры и локомотивной тяги. В этой связи переход на отправление грузовых поездов по расписанию не будет привлекателен для грузоотправителя в случае повышения стоимости услуг перевозчика. С другой стороны, результаты моделирования показали, что внедрение твердых ниток графика обеспечивает снижение коэффициента суточной неравномерности перевозок с 1,46 до 1, что напрямую влияет на величину локомотивного парка и штата локомотивных бригад Укрзалізници, а также потребную мощность погрузочных и разгрузочных средств Полтавского ГОКа и ТИСа.

Таким образом, организация движения грузовых поездов по расписанию является эффективным способом улучшения показателей эксплуатации тягового подвижного состава Укрзалізници и частных вагонов, привлекаемых к перевозкам, а также погрузо-разгрузочных средств промышленных предприятий. При этом основной эффект для участников перевозочного процесса должен достигаться за счет наращивания объемов перевозок.

Список литературы

1 Программа экономических реформ на 2010–2014 годы "Состоятельное общество, конкурентоспособная экономика, эффективное государство" Президента Украины.

2 **Бородин, А. Ф.** О ходе работы «Переход на новую технологию управления движением поездов по расписанию на опытных полигонах» в рамках приоритетного направления «Разработка технологии эксплуатационной деятельности холдинга «РЖД», обеспечивающей достижение целевых экономических параметров на базе процессных моделей» / А. Ф. Бородин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД» – 2011. – № 6. С. 3–21.

3 **Шаров, В. А.** Интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию / В. А. Шаров, А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 8. – С. 11–22.

4 **Ивницкий, В. А.** К проблеме увеличения количества твердых ниток графика движения поездов / В. А. Ивницкий, И. Н. Шапкин, Е. М. Кожанов // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2008. – № 5. – С. 14–21.

5 **Шапкин, И. Н.** Организация перевозок на основе дискретных методов управления и твердого графика движения поездов / И. Н. Шапкин, Д. Б. Неклюдов, Е. М. Кожанов // Железные дороги мира. – 2005. – С. 28–33.

6 **Цуцков, Д. В.** Выбор технологических параметров организации перевозочного процесса с использованием твердых ниток графика [Т] : дис ... канд. техн. наук / Д. В. Цуцков // М. : РГБ, 2005. – 227 с.

7 **Верлан, А. И.** Исследование перевозок грузов в условиях организации движения грузовых поездов по расписанию / И. Верлан, Д. Н. Козаченко, В. О. Баланов // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы 73-й Международной науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 23–24 мая 2013 г.) – Днепропетровск : ДИИТ, 2013. – 142 с.

8 Частные операторы подвижного состава в скором времени получат в своё распоряжение «твёрдые нитки» графика движения грузовых поездов [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: http://www.railsovet.ru/news/media_partnership/?ELEMENT_ID=229.