

А. И. ВЕРЛАН (ООО Трансинвестсервис), Д. Н. КОЗАЧЕНКО, А. М. ШЕПЕТА
(Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна),

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНОПОТОКОВ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТАВКИ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ С ПОЛТАВСКОГО ГОКа В ТРАНСПОРТНЫЙ УЗЕЛ ТИС

Представлені результати теоретичних досліджень та натурального експерименту по маршрутизації порожніх вагонопотоков на напрямку Транспортний вузол ТИС – Полтавський ГЗК. Наведена методика розрахунку економічної ефективності вказаного заходу.

Ключові слова: відправницька маршрутизація, організація вагонопотоків.

Представлены результаты теоретических исследований и натурального эксперимента по маршрутизации порожних вагонопотоков на направлении Транспортный узел ТИС – Полтавский ГОК. Приведена методика расчета экономической эффективности указанного мероприятия.

Ключевые слова: отправительская маршрутизация, организация вагонопотоков.

Results of theoretical researches and natural experiment of a maorshrutizatsiya of empty traffic volumes on the direction Transport hub TIS–Poltava Mining are presented. The design procedure of economic efficiency of the specified action is given.

Key words: otpravitel'sky routing, organization of traffic volumes.

В существующих экономических условиях повышение конкурентных преимуществ железнодорожных перевозок, а соответственно и промышленных предприятий, пользующихся их услугами должно достигаться в первую очередь за счет снижения эксплуатационных затрат. Эффективность перевозочного процесса на железных дорогах напрямую зависит от системы организации вагонопотоков, включая одну из важнейших ее составляющих – маршрутизацию перевозок. В этой связи комплексная проблема наиболее рациональной организации вагонопотоков занимает центральное место не только в области эксплуатации железных дорог, но и в целом в организации транспортного производства. Существующая методика организации вагонопотоков [1] ориентирована на эксплуатацию единого парка грузовых вагонов. В настоящее время железнодорожный транспорт Украины находится в состоянии реформирования. При этом, характерным является значительный рост доли собственных вагонов. Появление на рынке компаний – операторов, владеющих собственным подвижным составом, усложняет проблему организации вагонопотоков ввиду появления новых форм технологического взаимодействия при серьезном отстаивании в нормативно-правовой базе.

Необходимо отметить, что частный парк вагонов в основном обслуживает крупных грузоотправителей и значительная доля грузен-

ных вагонопотоков из собственных вагонов маршрутизирована. Основные проблемы связаны с организацией порожних вагонопотоков так, как инфраструктура железнодорожного транспорта Украины создавалась для обеспечения эксплуатации единого парка грузовых вагонов и обезличенного управления порожними вагонопотоками и ее мощности недостаточно в условиях роста числа назначений порожних вагонов.

Целью данного исследования является совершенствование организации вагонопотоков в логистической цепи поставки железорудного сырья (окатышей) из Полтавского ГОК в транспортный узел Трансинвестсервис (ТИС). Обслуживание этих перевозок осуществляется частными вагонами. При этом грузовой рейс вагонов охвачен отправительской маршрутизацией, а порожний – нет.

В результате обработки информации о дислокации и состоянии вагонов определен их оборот с разделением по отдельным его элементам. Результаты обработки приведены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 показал, что при существующей организации вагонопотоков оборот вагона составляет $\theta = 107,12$ ч или 4,46 суток. При этом, продолжительность грузовой рейса вагона на 10,2 часа меньше чем порожнего.

Таблица 1

**Продолжительность отдельных элементов
оборота вагонов**

№	Элемент оборота вагона	t , ч
1	Следование груженого вагона со ст. Золотнишино до ст. Черноморская	26,12
2	Нахождение вагонов на подъездном пути ТИСа (включая выгрузку вагонов) до сдачи порожнего вагона на дорогу	23,72
3	Следование порожнего маршрута со ст. Черноморская до ст. Золотнишино	36,32
4	Нахождение вагонов на п/п Полтавского ГОКа до сдачи порожнего вагона на дорогу	20,96
ВСЕГО ОБОРОТ		107,12

Повышение эффективности перевозок окатышей из Полтавского ГОКа в транспортный узел ТИС может быть достигнуто за счет маршрутизации порожних вагонопотоков.

При существующей технологии перевозок на станции Химическая подъездного пути ТИС выполняется накопление передаточных поездов, которые поступают в переработку на станцию Черноморская Одесской железной дороги, где происходит накопление поездов до станции назначения Золотнишино Южной железной дороги.

Формирование маршрутов из порожних вагонов назначением на станцию Золотнишино непосредственно та станции Химическая позволяет сократить операции, связанные с переработкой вагонов на сортировочной горке, связанное с их обработкой по прибытию и отправлению, а также исключить перецепку поездных локомотивов на станции Черноморская.

Теоретически определено, что среднее сокращение времени нахождения вагонов в системе «станция Химическая – станция Черноморская» может быть установлено с помощью выражения

$$\Delta_T = cm \left(\frac{1}{N_{от}} - \frac{1}{N_{от.м}} \right) + t_{ож} - t_{ож.м} + t_{ц},$$

где c – параметр накопления;

m – состав поезда;

$N_{от}, N_{от.м}$ – соответственно, общее количество вагонов, отправляемых с ТИС и количество вагонов в маршрутизируемом назначении;

$t_{ож}, t_{ож.м}$ – средний простой вагона в ожидании отправления в общем вагонопотоке и в составе маршрута;

$t_{ц}$ – средний простой вагона на станции Черноморская.

В результате расчета установлено, что сокращение времени нахождения вагонов Полтавского ГОКа в системе «станция Химическая – станция Черноморская» составляет 7,91 часа.

Для практической проверки эффективности маршрутизации перевозок порожних вагонов с ТИС на Полтавский ГОК в период с 19.06.2012 по 12.07.2012 выполнен эксперимент по формированию маршрутов на станции Химическая. В качестве альтернативы рассмотрены результаты работы в период с 5.06.2012 по 18.06.2012 и с 13.07.2012 по 27.07.2012.

Таким образом, были получены две выборки значений времени нахождения вагона в системе «станция Химическая – станция Черноморская»: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_x}\}$, соответствующая новой технологии перевозки порожних вагонов маршрутами (объем выборки $N_x = 143$) и $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{N_y}\}$, соответствующая существующей технологии перевозки (объем выборки $N_y = 123$). Гистограммы соответствующих случайных величин представлены на рис. 1, а и б. В результате статистической обработки полученных выборок установлено, что случайные величины времени нахождения вагонов в системе «станция Химическая – станция Черноморская» подчинены логарифмически-нормальному закону распределения и имеют функцию плотности распределения вида

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

где μ – масштабный параметр;

σ – параметр формы.

Значения μ и σ для выборок, характеризующих нахождение вагонов в системе «станция Химическая – станция Черноморская» представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры логарифмически нормального распределения случайной величины времени нахождения вагона в системе «станция Химическая – станция Черноморская»

Параметр	Выборка X (эксперимент)	Выборка Y (существ.)
μ	2,977	3,2559
σ	0,5998	0,5405

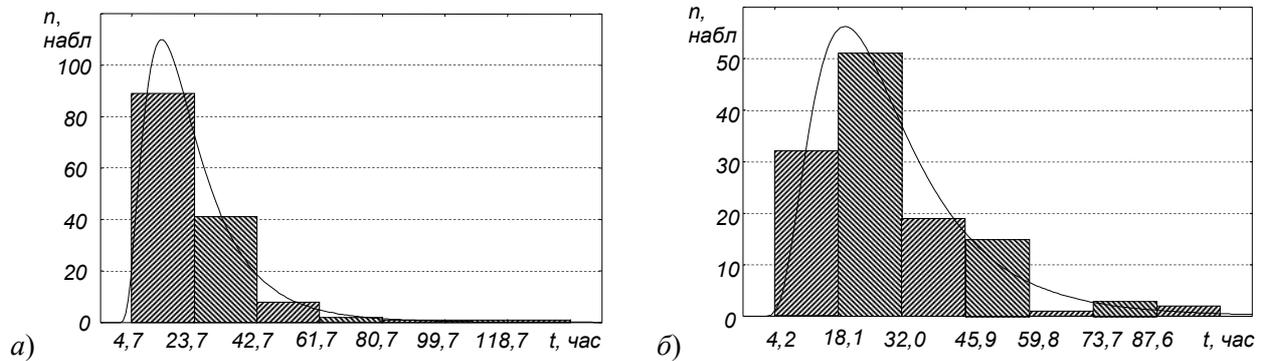


Рис. 1. Гистограммы и функции плотности распределения случайной величины времени нахождения вагона в системе «станция Химическая – станция Черноморская»: а – в условиях маршрутизации вагонопотока; б – существующая организация вагонопотоков. Продолжительность сокращения нахождения вагона в системе «станция Химическая – станция Черноморская» представляет собой случайную величину Δ_3 .

Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение указанной величины могут быть определены как

$$\bar{\Delta}_3 = \bar{y} - \bar{x}, s_{\Delta_3} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

и составляют $\bar{\Delta}_3 = 6,94$ часа и $s_{\Delta_3} = 19,46$ часа.

Для определения типа распределения случайной величины Δ_3 было смоделировано 300 ее значений как разность значений случайных величин y и x . Гистограмма случайной величины Δ_3 приведена на рис. 2. Выполненный анализ показал, что нет основания отвергать гипотезу о нормальном распределении величины Δ_3 .

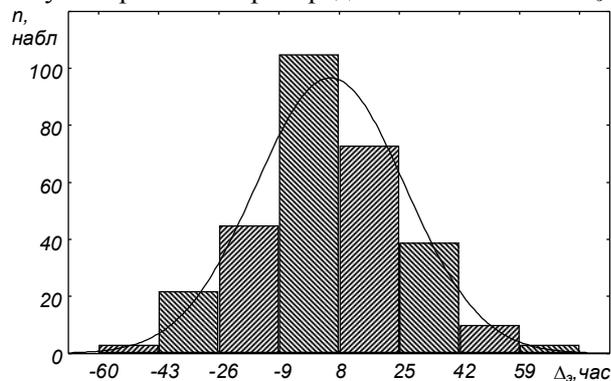


Рис. 2. Гистограмма и функция плотности распределения случайной величины сокращения времени нахождения вагона в системе «станция Химическая – станция Черноморская» при маршрутизации порожних вагонопотоков

На основании рассчитанных параметров случайной величины Δ_3 с вероятностью 0,95 определен доверительный интервал для среднего по формуле

$$\delta = \frac{1,96s_{\Delta_3}}{\sqrt{N_{\Delta}}}$$

где N_{Δ} – объем выборки.

Таким образом, на основании проведенного эксперимента можно утверждать, что сокращение продолжительности нахождения вагонов в системе «станция Химическая – станция Черноморская» находится в пределах $\Delta_{\min} = 6,94 - 3,47 = 3,47$ часа и $\Delta_{\max} = 6,94 + 3,47 = 10,41$ часа.

Теоретически рассчитанная величина сокращения продолжительности нахождения вагонов в системе «станция Химическая – станция Черноморская», составляющая 7,91 согласуется с экспериментально установленным значением 6,94 и находится в пределах [3,47; 10,41], что свидетельствует о правильности теоретических выкладок.

Эффект от маршрутизации порожних вагонопотоков определен для теоретического сокращения продолжительности оборота вагонов $\Delta_T = 7,91$ часа (ожидаемый эффект) и минимального сокращения оборота вагонов, подтвержденного в результате эксперимента $\Delta_{\min} = 3,47$ часа (минимальный эффект) для перспективных объемов перевозки 5 млн. т. в год.

Экономия парка вагонов, задействованных для перевозки окатышей при маршрутизации порожних вагонопотоков может быть определена по формуле

$$n_B = \frac{k_3 k_n Q_{\text{год}} \Delta}{24 \cdot 365 q_{\text{ст}}}$$

где $Q_{\text{год}}$ – перспективный годовой объем перевозки окатышей;

k_n – коэффициент неравномерности перевозок, который по результатам анализа отчетных данных ТИС составляет $k_n = 1,33$;

k_3 – коэффициент запаса, учитывающий долю неисправных вагонов, $k_3 = 1,04$ [2];

Δ – экономия времени по обороту вагонов;

$q_{ст}$ – фактическая статическая норма загрузки окатышей, $q_{ст} = 69,94$ т.

Расчеты показывают, что ожидаемая экономия парка вагонов составляет 90 вагонов, при этом минимальная экономия составляет 40 вагонов. В этом случае, при стоимости полувагона 576 тыс. грн., ожидаемая экономия капитальных средств в подвижной состав составляет 51,8 млн. грн, а минимальная - 23,0 млн. грн.

Сокращение парка грузовых вагонов, обеспечивающих перевозки, приводит к экономии амортизационных отчислений на эти вагоны и экономия на их текущее содержание и ремонты. При нормативном сроке эксплуатации полувагонов 20 лет ежегодные амортизационные отчисления составляют 5% от их стоимости. Т.е. ожидаемая ежегодная экономия амортизационных отчислений составит 2,59 млн. грн, а минимальная – 1,15 млн. грн.

Существующая система ремонтов полувагонов предусматривает их ремонт и после нормативного пробега. При формировании маршрутов из порожних полувагонов на станции Химическая суммарный пробег вагонов по сравнению с первым вариантом не изменится. В то же время маршрутизация порожних вагонопотоков со станции Химическая полностью исключает переработку вагонов на сортировочной горке при выполнении перевозок. Количество повреждений вагонов на сортировочной горке, приходящееся на 1000 переработанных вагонов может быть оценено с помощью выражения [3]

$$n_{повр} = 0,00143v_3^{3,865},$$

где v_3 – средняя скорость подхода отцепов к вагонам, стоящим на сортировочных путях, км/ч.

В течение года число повреждений вагонов составляет

$$N_{повр} = \frac{Q_{год} n_{повр}}{10^3 q_{ст}}.$$

Нормативная скорость подхода отцепов к вагонам, стоящим на сортировочных путях в соответствии с ПТЭ составляет 5 км/ч.

Таким образом, $n_{повр} = 0,00143 \cdot 5^{3,865} = 0,72$ вагона на 1000 переработанных.

$$N_{повр} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 0,72}{10^3 \cdot 69,94} = 51,5 \text{ вагонов.}$$

Однако оценить экономию, связанную с ремонтами вагонов и ее распределение между оператором вагонов и железной дорогой доста-

точно сложно, поэтому в дальнейшем принято, что расходы на ремонт вагонов в обоих вариантах являются одинаковыми.

При формировании маршрутов из порожних полувагонов на станции Химическая кроме экономии от сокращения вагонного парка ожидается экономия железной дороги от сокращения переработки вагонов на станции Черноморская.

Годовая экономия на станции Черноморская $\mathcal{E}_{чер}$ включает экономию от сокращения переработки вагонов на сортировочной горке и экономии от уменьшения числа перецепок локомотивов.

Годовая экономия от сокращения переработки вагонов на сортировочной горке определяется по формуле.

$$\mathcal{E}_{пер} = 365 N_{от.м} c_{пер}$$

где $c_{пер}$ – расходная ставка на переработку одного вагона, грн.

По данным Одесской железной дороги за 2011 год расходная ставка на переработку одного вагона составляет 50,23 грн. Тогда $\mathcal{E}_{пер} = 3,6$ млн. грн. в год.

Годовая экономия от уменьшения числа перецепок локомотивов определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{пер} = 365 \frac{N_{от.м}}{m} t_{пл} c_{пл}$$

где $t_{пл}$ – продолжительность перецепки локомотива, принято, что $t_{пл} = 0,5$ часа;

$c_{пл}$ – стоимость простоя локомотива с бригадой по данным Одесской железной дороги за 2011 год $c_{пл} = 471,72$ грн.

m – состав поезда.

Таким образом, сокращение расходов, связанных с перецепкой локомотивов составляет 0,3 млн. грн. в год.

Общая экономия по станции Черноморская будет составлять 3,9 млн. грн. в год или 54,4 грн. на один переработанный вагон. Указанная экономия не зависит от величины сокращения продолжительности оборота вагона.

Дополнительные расходы ТИС, связанные с формированием маршрутов порожних вагонов на станцию Золотнишино, возникают из-за необходимости содержания дополнительной путевой емкости для накопления маршрута и увеличением простоя вагонов других назначений в ожидании отправления на ст. Черноморская.

При жесткой специализации путей для накопления маршрутов необходимо выделить два пути.

Дополнительные расходы на сооружение путевой емкости составляют 16 млн. грн. Эксплуатационные расходы, связанные с содержанием дополнительной путевой емкости приняты в размере 5 % от стоимости пути в год и составляют 0,8 млн. грн. в год.

Дополнительные простои в накоплении вагонов других назначений связаны с уменьшения мощности струи отправления и дополнительным простоем поездов в ожидании отправления из-за преимущественной подачи локомотивов для отправления маршрутов.

Средний дополнительный простой вагона в накоплении при выделении маршрутизируемой струи в отдельное назначение может быть определен по формуле

$$\Delta_{\text{дн}} = cm \left(\frac{1}{N_{\text{от}} - N_{\text{от.м}}} - \frac{1}{N_{\text{от}}} \right)$$

Средний дополнительный простой вагона в ожидания отправления при приоритетном отправления маршрутов может быть определен по формуле

$$\Delta_{\text{до}} = \frac{24mN_{\text{от.м}}}{N_{\text{от}}(N_{\text{от}} - N_{\text{от.м}})}$$

Выполненные расчеты показывают, что при выделении порожних вагонопотоков в адрес Полтавского ГОК в отдельное назначение средний простой вагонов других назначений увеличится на 0,45 часа, рабочий парк подъездного пути увеличивается на величину 15,8 вагонов, а дополнительные расходы составляют 1,52 млн. грн. в год.

В целом средний экономический эффект в логистической цепи поставки железорудного сырья из Полтавского ГОК в транспортный узел ТИС составляет 8,6 млн. грн. в год, а минимальный – 3,6 млн. грн. в год, который мо-

жет быть перераспределен между участниками перевозочного процесса.

Таким образом, в настоящее время, в условиях роста парка собственных вагонов, маршрутизация порожних вагонопотоков является высокоэффективным способом снижения расходов по перевозке массовых грузов. Инфраструктурным обеспечением подобной организации вагонопотоков является развитие путевой емкости подъездных путей, где осуществляется массовая выгрузка для возможности подборки порожних вагонов по получателям. Подобное развитие инфраструктуры и ее эксплуатация может быть обеспечена за счет:

- скидок к тарифу, предоставляемых железной дорогой в связи с уменьшением объема работы по переработке порожнего вагонопотока [3];

- увеличения платы за выгрузку вагонов для грузоотправителя, которая перерывается за счет уменьшения расходов, связанных с эксплуатацией вагонного парка для перевозок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст]. – К.: Транспорт, 2005.
2. Методические указания по сравнению вариантов проектных решений железнодорожных линий, узлов и станций. – М.: ВПИТРАНССТРОЙ, 1988. – 468 с.
3. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом України та пов'язані з ними послуги. Київ, 2009, Укрзалізниця. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://uz.gov.ua/?lng=uk>.

Поступила в редколлегию 13.09.2012.

Принята к печати 15.09.2012.