

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ МЕСТНЫХ ВАГОНОПОТОКОВ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛАХ

Виконано аналіз тенденцій розвитку залізничних вузлів, що обслуговують порти України. На основі методів динамічного програмування розроблено методику оптимізації розподілу роботи з формування подач вагонів на вантажні фронти між технічними та вантажними станціями залізничних вузлів.

Выполнен анализ тенденций развития железнодорожных узлов, обслуживающих порты Украины. На основе методов динамического программирования разработана методика оптимизации распределения работы по формированию подач вагонов на грузовые фронты между техническими и грузовыми станциями железнодорожных узлов.

The analysis of tendencies of development of railway junctions is performed. The method of optimization of distributing the sorting work between sorting and freight stations with the domestic cars in the railway junctions is presented.

Повышение конкурентоспособности транспортной системы Украины напрямую зависит от взаимодействия железнодорожного и морского транспорта. Наиболее остро эти вопросы стоят на Одесской железной дороге. В ее регионе расположено 9 морских портов (Одесский, Ильичевский, Южный, Белгород-Днестровский, Николаевский, Херсонский, Ренийский, Октябрьск) и 3 речных порта. На эти порты приходится около 80 % грузооборота портов Украины.

Начиная с 1999 года, на Украине сложились экономически благоприятные условия для работы портовых комплексов, что привело к бурному развитию их инфраструктуры. В 2007 г. грузооборот морских торговых портов Украины составил 123,7 млн т. Наиболее интенсивно развиваются перевалка контейнеров (+34,4 %), транзит нефти и нефтепродуктов (+20,1 %), перевалка насыпных грузов (+9,3 %). Подобная динамика позволяет привлекать значительные зарубежные инвестиции для развития портовых перегрузочных комплексов и еще больше наращивать перерабатывающую способность портов. Необходимо отметить, что транспортная инфраструктура Одесской железной дороги была сформирована во время Советского Союза и ее техническое оснащение ориентировано на импорт. После получения независимости Украины характер работы портов резко изменился с импорта на экспорт, расширилась номенклатура выгружаемых грузов, преобладает выгрузка массовых грузов – металла, удобрений, зерна, леса, руды и угля. В связи с этим отдельные станции не в состоянии перерабатывать предлагаемые объемы, поскольку перера-

батывающая способность портов существенно превышает перерабатывающую способность припортовых станций (см. табл. 1).

Таблица 1

Перерабатывающие способности портов и портовых станций

Наименование	Порт		Припортовая станция		Диспропорция		
	Перерабатывающая способность	Наименование	Перерабатывающая способность	Наименование			
	ваг/сут	пар поездов	ваг/сут	пар поездов	ваг/сут	пар поездов	
Одесский порт	713	12	Одесса	432	8	281	4
Ильичевск	1235	22	Ильичевск	755	14	480	8
Николаевский	536	10	Николаев-Грузовой	310	6	226	4

В отличие от морских портов, железная дорога является многоотраслевым предприятием и не может вкладывать инвестиции только в развитие припортовых станций. Кроме того, развитие этих станций связано со значительными рисками для Укрзалізнички ввиду неравномерной загрузки морских портов и частой переориентации грузопотоков не только между портами, но даже между водными бассейнами в течение коротких периодов времени. Такая ситуация приводит к значительным убыткам, связанным с содержанием не востребуемых мощностей портов и станций, с одной стороны,

и простым подвижного состава и «омертвлении» товарной массы, с другой стороны.

В этой ситуации для улучшения взаимодействия морских торговых портов и железнодорожного транспорта необходимо максимально использовать организационные мероприятия. Разгрузка припортовых станций и повышение их пропускной и перерабатывающей способности может быть достигнута за счет переноса части маневровой работы с местными вагонами на технические станции. При такой организации эксплуатационной работы технические станции железнодорожных узлов формируют многогруппные передаточные поезда с подборкой вагонов по фронтам грузовой работы, а грузовые станции обеспечивают только подачу этих групп под выгрузку или погрузку. Задача концентрации сортировочной работы с местными вагонами на технических станциях поставлена в [1]. В то же время классические сортировочные станции не приспособлены для формирования многогруппных поездов. Формирование этих поездов существенно увеличивает загрузку сортировочных горок, а соответственно и простои составов в ожидании расформирования [2]. В случае, когда рассматривается система «сортировочная станция – грузовая станция», обоснование целесообразности формирования на сортировочной станции передаточных поездов с подборкой групп вагонов по фронтам грузовой работы может быть выполнено с помощью сравнения вариантов [3]. Однако решить такую задачу перебором вариантов в крупных узлах затруднительно так, как в их состав могут входить 1-3 технических и несколько десятков грузовых станций, что создает большое количество конкурирующих вариантов. Для решения задачи оптимизации распределения маневровой работы с местными вагонами между техническими и грузовыми станциями в крупных железнодорожных узлах необходимо разработать математические методы, позволяющие сократить объем перебора вариантов.

В качестве целевой функции в данной задаче приняты общие расходы, связанные с функционированием железнодорожного узла, которые могут быть представлены выражением:

$$E_{\Pi} = \sum_{i=1}^N g_i(x_i) = \sum_{i=1}^N (T_{bi} e_{нН} + t_{m,i} e_m + m_i (C_{млс} + \Delta C_{квЛМ})) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $g_i(x_i)$ – зависимость расходов i -й станции от количества формируемых на ней подач ваго-

нов x_i ;

N – количество станций в узле;

T_{bi} – вагоно-часы простоя на i -й станции;

$t_{m,i}$ – продолжительность формирования подач на грузовые фронты на i -й станции, ч;

m_i – количество маневровых локомотивов на i -й станции, лок.;

$e_{нН}$ – стоимость одного вагоно-часа, грн;

e_m – стоимость одного локомотиво-часа маневровой работы;

$C_{млс}$ – групповая норма расходов на содержание маневрового локомотива в течение суток, грн;

$\Delta C_{квЛМ}$ – приведенные капитальные расходы на одни сутки содержания маневрового локомотива, грн.

Величины T_{bi} , t_m и m_i функционально зависят от x_i . Значения функций $g_i(x_i)$ могут быть получены путем имитационного моделирования станционных процессов [4]. Примеры зависимостей $g_i(x_i)$ для сортировочной и грузовой станций представлены на рис 1.

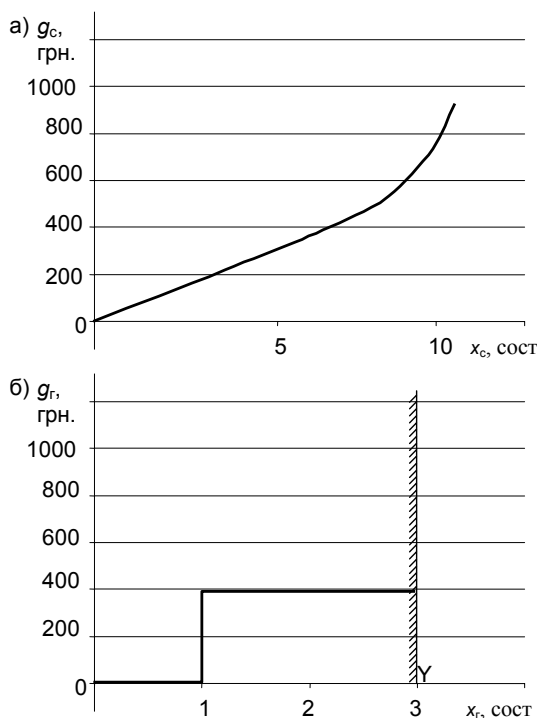


Рис. 1. Зависимости расходов станций от количества переформируемых составов: а) сортировочная станция; б) грузовая станция

Функция E_{Π} (1) является аддитивной, так как общие расходы по железнодорожному узлу представляют собой сумму расходов по отдельным станциям $g_i(x_i)$ и расходы станций независимы; нелинейной, так как простои составов на сортировочной станции T_b , а значит и связанные с ними расходы узла, нелинейно зависят от количества составов, с которыми выпол-

няется окончание формирования; негладкой, так как расходы грузовых станций могут принимать два фиксированных значения, соответствующих вариантам с выполнением подборки групп вагонов на сортировочной станции и на данной грузовой станции.

Ограничениями в данной задаче являются общее количество составов передаточных поездов, формируемых в узле Z , резерв перерабатывающей способности сортировочной станции S и количество поездов, поступающих на грузовые станции Y

$$\begin{cases} x_c \leq S; \\ \sum_{i=1}^N x_i = Z, \quad i=1 \dots N; \\ x_{r,i} \leq Y_i, \quad i=1 \dots (N-1). \end{cases} \quad (2)$$

Рассмотрим случай, когда в состав железнодорожного узла входит одна сортировочная и $(N-1)$ грузовая станция.

Учитывая характер целевой функции и ограничений, задача оптимизации распределения сортировочной работы с местными вагонами в железнодорожном узле может быть сведена к задаче динамического программирования. Для решения задачи искусственно вводится динамический процесс распределения. При этом задача решается в два этапа. На первом этапе решения вместо одной многомерной задачи с заданным количеством составов Z и фиксированным числом станций N рассматривается целое семейство одномерных задач распределения работы с некоторым целым количеством составов z между i -й станцией и предшествующими $(i-1)$ станциями (здесь $0 \leq z \leq \min\left(\sum_{j=1}^i Y_j, Z, S\right)$). При таком подходе в

динамическом программировании вводится рекуррентное соотношение, позволяющее решать задачу в общем виде

$$E_{n,i}(z) = \min_{0 \leq x_i \leq z} (g_i(x_i) + E_{n,i-1}(z - x_i)), \quad (3)$$

где $E_{n,i-1}$ – минимальные расходы, при оптимальном распределении сортировочной работы между $(i-1)$ станциями.

Подобная структура формулы (3) позволяет получить последовательность условно оптимальных решений $E_{n,1}(z)$, $E_{n,2}(z)$, ..., $E_{n,N-1}(z)$, $E_{n,N}(z)$. В развернутом виде последовательность функций записывается следующим образом:

$$E_n(z) = E_{n,N}(z) = \min_{0 \leq x_N \leq z} (g_N(x_N) + E_{n,N-1}(z - x_N));$$

$$E_{n,N-1}(z) = \min_{0 \leq x_{N-1} \leq z} (g_{N-1}(x_{N-1}) + E_{n,N-2}(z - x_{N-1}));$$

...

$$E_{n,2}(z) = \min_{0 \leq x_2 \leq z} (g_2(x_2) + E_{n,1}(z - x_2)); \quad (4)$$

$$E_{n,1}(z) = g_1(x_1). \quad (5)$$

Учитывая, что значения функций $g_i(x_i)$ являются заданными, то и значение $E_{n,1}$ определяется лишь условием задачи (5). Функция $E_{n,2}$ определяется по соотношению (4) через $E_{n,1}$. Подобным образом, на первом этапе пошагово могут быть определены значения всех функций $E_{n,i}$ $i=1 \dots N$. На втором этапе из условно-оптимальных решений $E_{n,i}(z)$ находится безусловно оптимальное решение $E_n(x_i)$.

В качестве примера рассмотрим задачу распределения сортировочной работы в узле, состоящем из пяти грузовых и одной сортировочной станции. Расформирование-формирование составов на грузовых станциях 1-4 выполняется на вытяжных путях, а на станции 5 – на горке малой мощности. Расходы грузовых станций, связанные с подборкой вагонов по фронтам грузовой работы, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики грузовых станций узла

Грузовая станция	1	2	3	4	5
Количество формируемых поездов	1	1	2	3	4
Расходы по формированию поездов, грн/сут	218,6	235,0	376,0	394,8	226,6

Зависимость расходов сортировочной станции от числа составов передаточных поездов, в которых выполняется подборка групп вагонов по фронтам грузовой работы, приведена на рис. 1а. Значения функций $E_{n,i}(z)$ приведены в табл. 3.

На последнем шаге, учитывая ограничения (2), расчеты могут выполняться только для варианта $z = \min\left(\sum_{j=1}^N Y_j, Z, S\right)$. Графическое решение одномерной задачи оптимизации распределения сортировочной работы с местными вагонами между сортировочной станцией с одной стороны и грузовыми станциями с другой стороны, когда оптимальное распределение сортировочной работы между грузовыми станциями известно, приведено на рис. 2.

Решение задачи оптимизации распределения сортировочной работы с местными вагонами в узле в табличной форме

z	Станция 1		Станции 1,2		Станции 1-3		Станции 1-4		Станции 1-5		Все станции	
	$E_{п,1}(z)$	x_1	$E_{п,2}(z)$	x_2	$E_{п,3}(z)$	x_3	$E_{п,4}(z)$	x_4	$E_{п,5}(z)$	x_5	$E_{п,6}(z)$	x_6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
1	218,6	1	218,6	0	218,6	0	218,6	0	218,6	0		
2			453,6	1	376,0	2	376,0	0	376,0	0		
3					594,6	2	394,8	3	394,8	0		
4					829,6	2	613,4	3	226,6	4		
5							770,8	3	445,2	4		
6							989,4	3	602,6	4		
7							1224,4	3	621,4	4		
8									840	4		
9									997,4	4		
10									1216	4		
11									1451	4	582,1	7

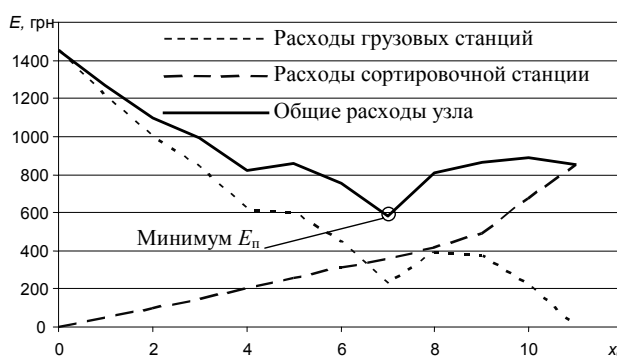


Рис. 2. Распределение сортировочной работы между сортировочной станцией и грузовыми

Таким образом, в данном узле на сортировочной станции рационально формировать передаточные поезда с подобранными по фронтам грузовой работы вагонами на станции 1, 2, 3 и 4, а на грузовую станцию 5 рационально подавать одногруппные передаточные поезда с выполнением подборки вагонов непосредственно на этой станции. При этом экономия эксплуатационных расходов составляет 317 тыс. грн в год по сравнению с вариантом, когда сортировочная станция не выполняет подборку вагонов по фронтам грузовой работы, и 97 тыс. грн в год по сравнению с вариантом, когда сортировочная станция выполняет подборку вагонов по фронтам грузовой работы для всех грузовых станций узла.

Таким образом, распределение сортировочной работы с местными вагонами между техническими и грузовыми станциями зависит от

технического оснащения станций узла и объемов их работы. Использование предложенной методики, основанной на методах динамического программирования, позволит рационально загрузить технические средства железнодорожных узлов и сократить расходы, связанные с переработкой местного вагонопотока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепція та Програма реструктуризації на залізничному транспорті України [Текст]. – К.: НАБЛА, 1998. – 145 с.
2. Сотников, Е. А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) [Текст] / Е. А. Сотников. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
3. Музикіна, Г. І. Організація раціональної взаємодії залізничних станцій, які обслуговують морські порти [Текст] / Г. І. Музикіна, В. В. Журавель, І. Л. Журавель // Матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології». – К.: ДЕДУТ, 2008. – С. 148-150.
4. Левицький, І. Ю. Програмні засоби для визначення показників роботи залізничних станцій [Текст] / І. Ю. Левицький, Д. М. Козаченко, Р. Г. Коробйова // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: Тези доп. 68 Міжн. наук.-практ. конф. – Д.: ДНУЗТ, 2008. – С. 41-42.

Поступила в редколлегию 09.07.2008.