

Мозолевиц Г.Я.

Кравченко В.В. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, г. Днепропетровск

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ПОЕЗДОВ ПО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ПОЛИГОНУ

В статье выполнены исследования влияния распределения потоков поездов по участкам железнодорожного полигона на экономические показатели, формализована и решена задача выбора маршрутов пропуска поездопотоков.

Ключевые слова: распределение потоков, прибыль железных дорог, выбор маршрутов, задача оптимизации, железнодорожный полигон.

В условиях развития транспортного рынка государства ключевыми вопросами для системы перевозок является своевременное обеспечение вагонами необходимого типа всех грузоотправителей в соответствии с заявками, совершенствование тарифной политики, совершенствование организационной структуры управления железнодорожным транспортом, технологии перевозочного процесса и организации поездной работы на основе широкого внедрения автоматизированных систем управления, автоматизации диспетчерского контроля движения поездов. В таких условиях появляется необходимость перехода к финансовой модели управления железнодорожным транспортом.

Формирование доходного механизма в сфере перевозок предусматривает минимизацию их себестоимости. Это требует освоения не только новых технологий, но и новых подходов к организации вагонопотоков, а также совершенствования оперативного управления и регулирования, организации тягового обслуживания поездов, применение эффективных технологий, отвечающих условиям рыночной среды. Одной из актуальных задач центра управления перевозками, способствующих реализации упомянутых ранее проблем, может быть оперативное распределение потоков по участкам разветвлённой железнодорожной сети.

Задача выбора оптимального распределения потоков по участкам сети является оптимизационной, решением которой посвящено значительное количество научных работ [1-3]. Эту задачу решали ученые в условиях движения по сети неделимых элементов (жидкость, газ и т.п.) и отдельных единиц потока (поездов, автомобилей). В данном докладе предложено решение этой задачи в условиях заинтересованности владельцев отдельных участков сети.

Постановка задачи. Пусть имеется некоторая сеть, состоящая из n участков, соединенных в узлах. В сети есть источник потока S и сток t . Каждый из участков сети имеет свой набор характеристик, который влияет на некоторый пока-

затель оптимизации, зависящий от объема потока, пропускаемого по участку. Дуги сети принадлежат различным владельцам. Необходимо определить маршруты потоков по участкам сети, при которых показатель оптимизации будет максимальным (минимальным) как для всей сети в целом, так и для любого соотношения интересов владельцев сети.

Для решения задачи рассматривается железнодорожный полигон, который объединяет промышленные регионы Криворожья и Донбасса. На рис. 1 приведены участки сети, которые могут быть использованы для пропуска поездов. В качестве показателя оптимизации выбрана прибыль от перевозки поездопотоков Приднепровской и Донецкой железных дорог.

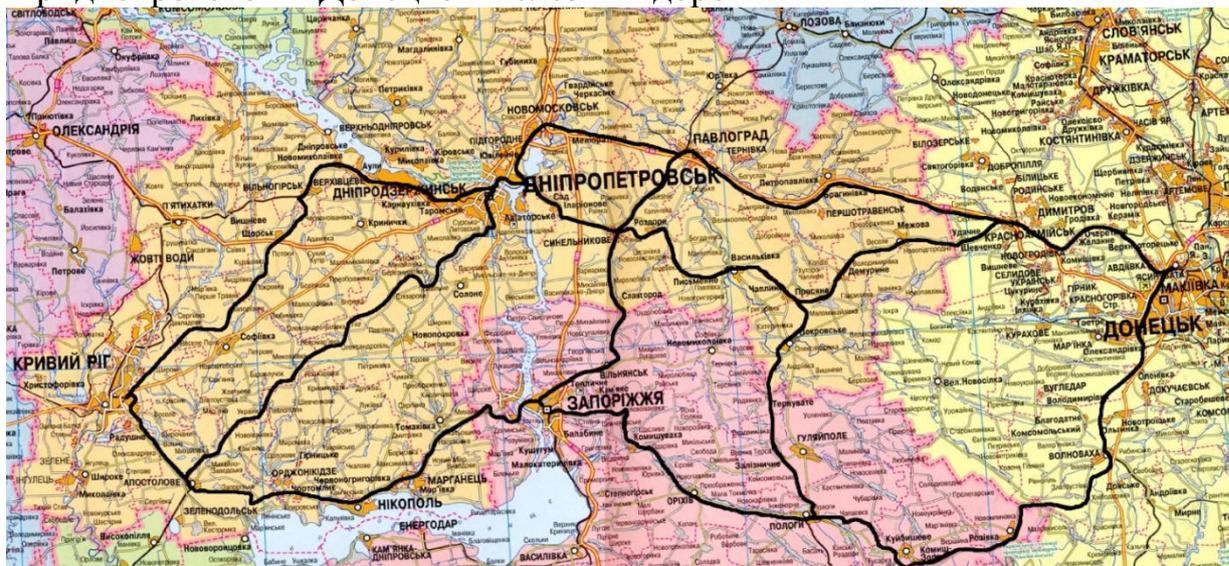


Рис. 1 - Железнодорожные пути сообщения между сортировочными станциями Кривой Рог Сортировочный и Ясиноватая

Для определения рациональных маршрутов пропуска поездов на железнодорожном полигоне с целью максимизации прибыли железных дорог необходимо определить функции прибыли по каждому участку отдельно. Прибыль железных дорог при пропуске поездов по маршрутам следования можно определить как разницу между доходом железной дороги на i -м участке от перевозки D_i и эксплуатационными расходами железных дорог при пропуске поездов на участке E_i .

Доход железных дорог от перевозки определяется по формуле:

$$D_i = \frac{C_{10t-кмбр} L_{dli} N_{ni} Q_{br}^{сер}}{10} \quad (1)$$

L_{dli} -длина i -го участка, км;

$C_{10t-кмбр}$ -удельная доходная ставка на10 ткм-брутто;

N_{ni} - количество поездов на участке;

$Q_{br}^{сер}$ - средняя масса брутто поезда.

Эксплуатационные расходы состоят из затрат на электроэнергию (дизельное топливо), содержание локомотивов и локомотивных бригад, эксплуатацию и

простой подвижного состава, на остановки и обслуживания поездов на технических станциях, на использование железнодорожной инфраструктуры.

В четном и нечетном направлениях затраты на электроэнергию (топливо) будут различны из-за продольного профиля участка и массы обращающихся на нем поездов. Поэтому для получения адекватных результатов следует использовать тяговые расчеты. На основе проведенных исследований получена функция зависимости расхода топлива при изменении параметров количества поездов N_n и условной длины составов $m_{ум.ваг}$ (рис. 2).

При решении задачи необходимо учесть ограничения параметров поездопотоков на каждом участке полигона. Система ограничений параметров функции подробно описана в [4].

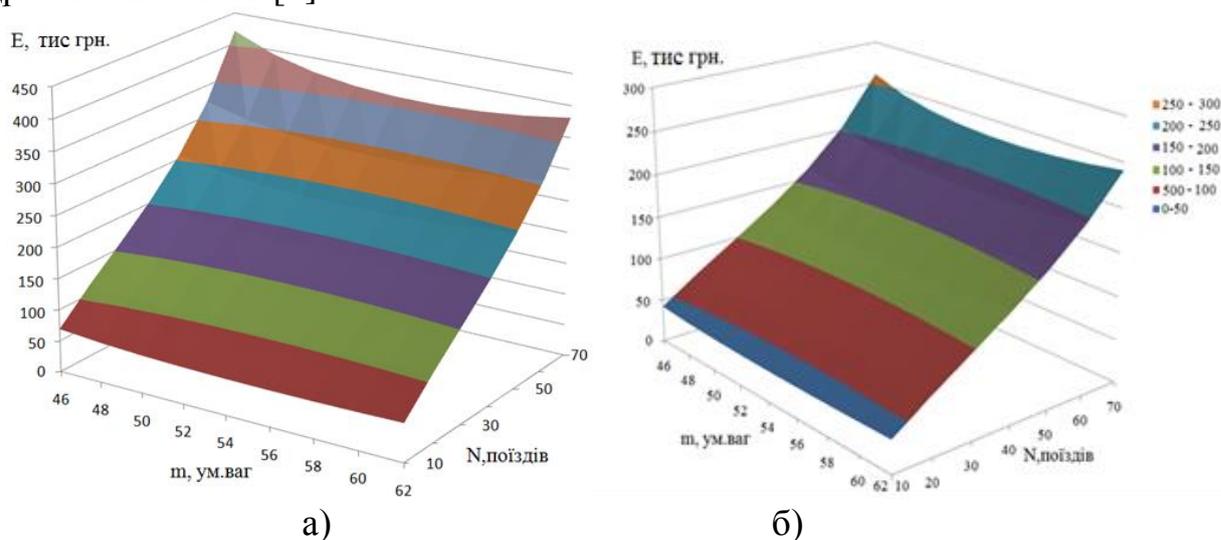


Рис. 2 - Зависимость затрат от количества поездов и условной длины поезда по направлениям участка: а) нечетный б) четный

В отличие от задач со скалярным критерием, результатом которых является оптимальная (с учетом ипостроения модели) стратегия, в задачах с векторным критерием оказывается невозможным с абсолютной уверенностью утверждать, что то или иное решение, действительно (объективно) оптимальное. Одно из решений может быть лучше второго по одному критерию и уступать ему по других критериях. Сказать, какое из двух решений в указанных условиях объективно лучше не представляется возможным. Только со временем будет ясно, насколько верным было принятое решение. При реализации решения обычно используются личные предпочтения человека, который его принимает (ЛПР). Опыт и интуиция ЛПР является той основой, которая определяет способность предвидеть последствия принятого компромисса.

Итак, задача определения рационального распределения поездопотоков на железнодорожном полигоне рассматривается как оптимизационная задача с двумя неизвестными - количеством поездов N , следующих по i - м участку, и условной длиной поезда m . Критериями оптимизации выступают доходы отдельных железных дорог полигона (Приднепровской и Донецкой):

$$\begin{cases} C_1 = \Pi_{np}(N, m) \rightarrow \max \\ C_2 = \Pi_{дон}(N, m) \rightarrow \max \end{cases} \quad (2)$$

где Π_{np} , $\Pi_{дон}$ - общая прибыль Приднепровской и Донецкой железных дорог от перевозки поездопотоков.

Решение задачи векторной оптимизации заключается в поиске всех пар параметров поездопотоков, которые удовлетворяют условию (2) при любом соотношении расходов между собой $t = \frac{\Pi_{np}}{\Pi_{дон}}$. При двух неизвестных значениях m и N , они должны удовлетворять следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi_{np}(N, m)}{\partial N} + t \frac{\partial \Pi_{дон}(N, m)}{\partial N} = 0, \\ \frac{\partial \Pi_{np}(N, m)}{\partial m} + t \frac{\partial \Pi_{дон}(N, m)}{\partial m} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

Решение этой системы уравнений для функций прибыли железных дорог с большим количеством участков полигона невозможно получить классическими методами по причине сложности функций. К тому же для сети полигона (рис. 1) имеет место около $1,8 \cdot 10^{14}$ вариантов пропуска поездов. Поэтому решение задачи было реализовано на основе метода дифференциальных затрат при постоянных значениях параметра t . Изменение функции прибыли при различных приоритетах железных дорог приведена на рис. 3.

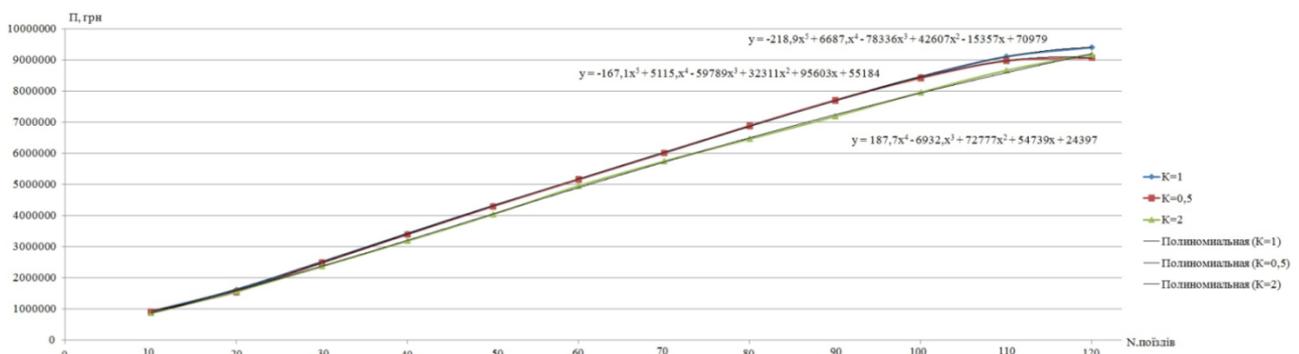


Рис. 3 - Суммарная функция прибыли при распределении поездопотоков в зависимости от интересов отдельных железных дорог

Итак, выполняя распределение поездопотоков, диспетчерский аппарат по сути имеет возможность влиять на прибыль железных дорог Украины в целом и на прибыль отдельных дорог. На рисунках 4 и 5 показано как изменяется прибыль Приднепровской и Донецкой железных дорог при предоставлении приоритетов.

В результатах четко прослеживается свойство эмерджентности и синергизма в системе железнодорожных перевозок. То есть при совместных кооперативных действиях различных элементов системы (Приднепровской и Донецкой железных дорог), обеспечивающие необходимый эффект (прибыль), система

будет работать эффективнее, чем при оптимизации работы отдельных железных дорог их диспетчерским аппаратом. Полученные оптимальные распределения в зависимости от интересов железных дорог приведены на рисунках 6-8.

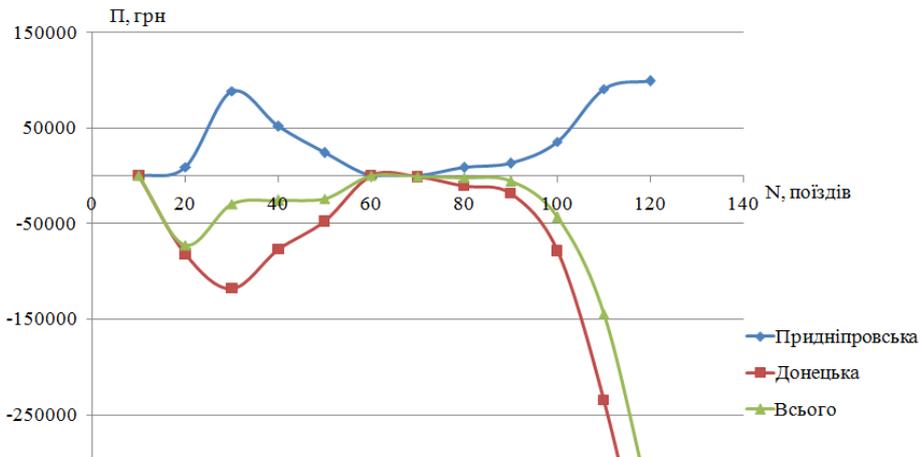


Рис.4 - Относительная разница прибыли железных дорог в условиях приоритета Приднeпpовской железной дороги ($t=0,5$)

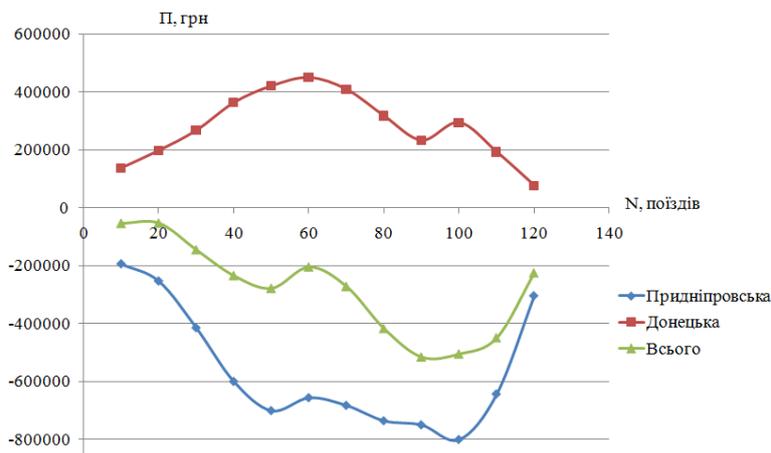


Рис. 5 - Относительная разница прибыли железных дорог в условиях приоритета Донецкой железной дороги ($t=2$)

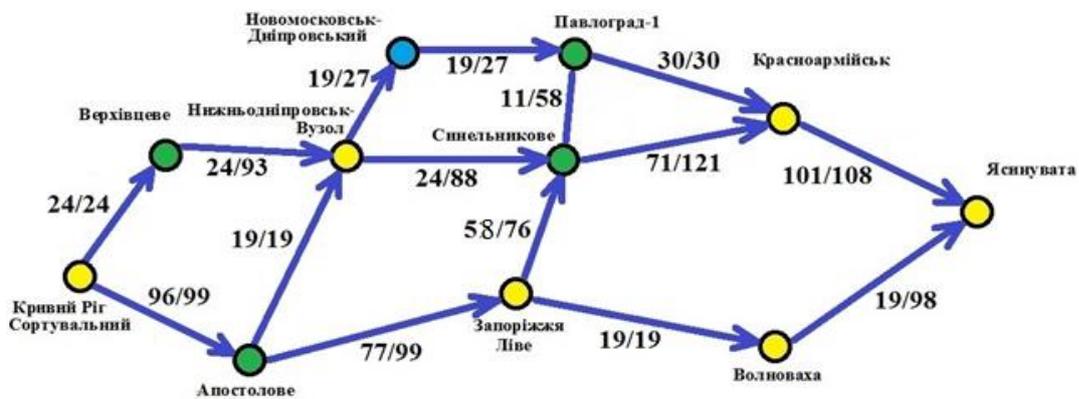


Рис. 6 - Рациональное распределение поездопотоков на сети при $t = 1$

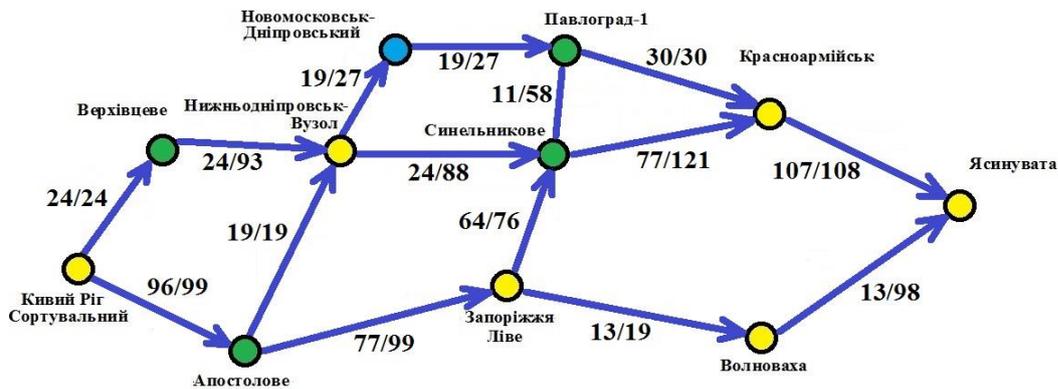


Рис. 7 - Рациональное распределение поездопотоков на сети при $t = 0,5$

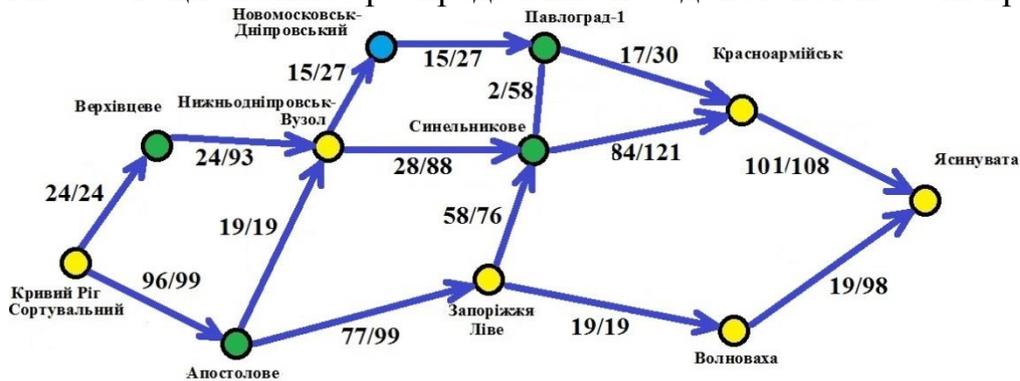


Рис. 8 - Рациональное распределение поездопотоков на сети при $t = 2$

Таким образом, задача распределения поездопотоков по железнодорожному полигону является оптимизационной и может быть решена с использованием различных критериев в скалярной и векторной постановке. В случае векторного критерия предложено в его качестве рассматривать прибыль отдельных железных дорог полигона. Такая постановка задачи интересна, в первую очередь, с практической точки зрения, поскольку диспетчерский аппарат принимает решение исходя из интересов той или иной железной дороги. Если же задачу решать по совокупному скалярному критерию, то при распределении поездопотоков между железнодорожными узлами Криворожья и Донбасса определено, что максимальный совокупный доход отдельных железных дорог не дает максимальной прибыли каждой дороге отдельно.

Список литературы:

1. Поттгофф Г. Теория транспортных потоков. Под ред. Е.П.Нестерова [Текст] / Г. Поттгофф - Транспорт, Москва 1975.
2. Чибісов Ю.В. Математична модель вибору раціональних варіантів пропуску поїздотоків по залізничній мережі [Текст] / Ю.В. Чибісов, Г.Я. Мозолевиц // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. №3/11 (57) 2012, - С. 37-41.
3. Мозолевиц Г.Я. Удосконалення технології пропуску поїздотоків на паралельних напрямках та у залізничних вузлах [Текст] / Г.Я. Мозолевиц, Ю.В. Чибісов // *Тезисы международной научно-практической конференции «Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий»*, Д.: ДНУЖТ. – 2012 р. – С. 66-67.
4. Козаченко Д.М. Визначення раціональних параметрів поїздотоків на залізничних напрямках [Текст] / Д.М. Козаченко, Г.Я. Мозолевиц, О.О. Мазуренко // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – № 2/3 (50) 2011, – С. 40–45.