

ЗАДАЧА РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ПОЕЗДОВ ПО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ПОЛИГОНУ, КОТОРЫЙ ПРИНАДЛЕЖИТ НЕСКОЛЬКИМ СОБСТВЕННИКАМ

В условиях развития транспортного рынка государства ключевыми вопросами для системы перевозок являются 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 продвижения 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 оперативно-диспетчерского аппарата железных дорог, способствующих реализации упомянутых ранее проблем, может быть оперативное распределение потоков по участкам разветвлённой железнодорожной сети. Сложность этой задачи возрастает в условиях управления поездопотоками на полигонах, в состав которых входят железные дороги различных собственников, государств или имеющих свои собственные интересы.

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 данной статье 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 показатель 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.

Основная часть. 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.

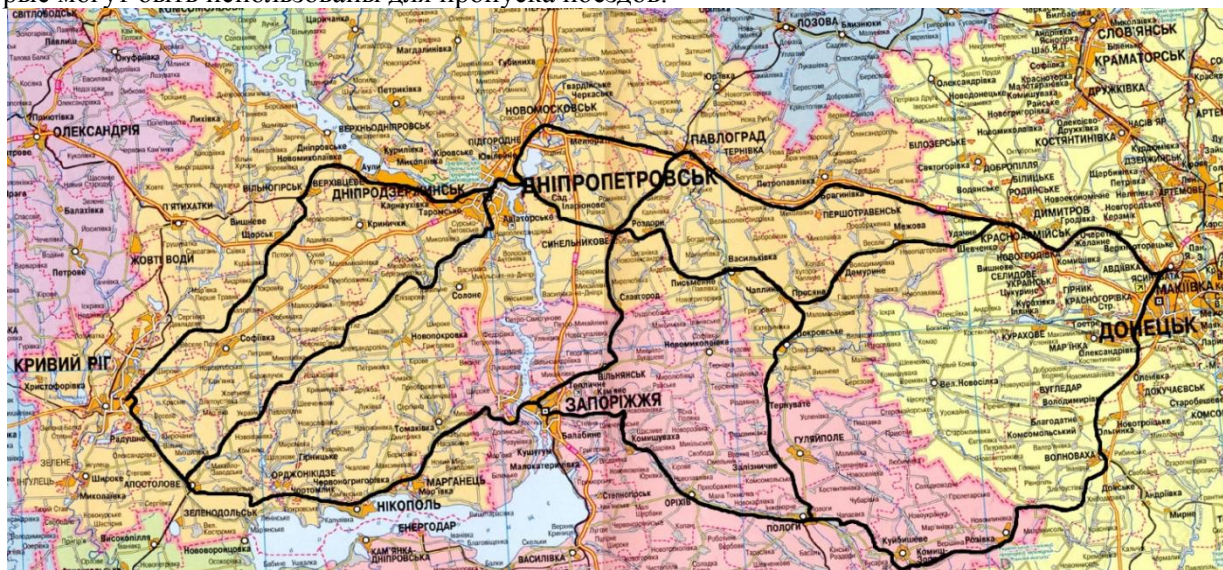


Рис. 1 - Железнодорожные пути сообщения между сортировочными станциями Кривой Рог и Ясиноватая

В качестве показателя оптимизации выбрана прибыль от перевозки поездопотоков Приднепровской и Донецкой железных дорог.

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:

$$D_i = 0,1C_{10\text{т-кмбрутто}} L_{\text{дл}i} N_{ni} Q_{\text{брутто}}^{\text{ср}} \quad (1)$$

$L_{\text{дл}i}$ - длина i -го участка, км;

$C_{10\text{т-кмбрутто}}$ - удельная доходная ставка на 10 ткм-брутто;

N_{ni} - количество поездов на участке;

$Q_{\text{брутто}}^{\text{ср}}$ - 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 $m_{\text{ум.ваг}}$ (рис. 2).

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

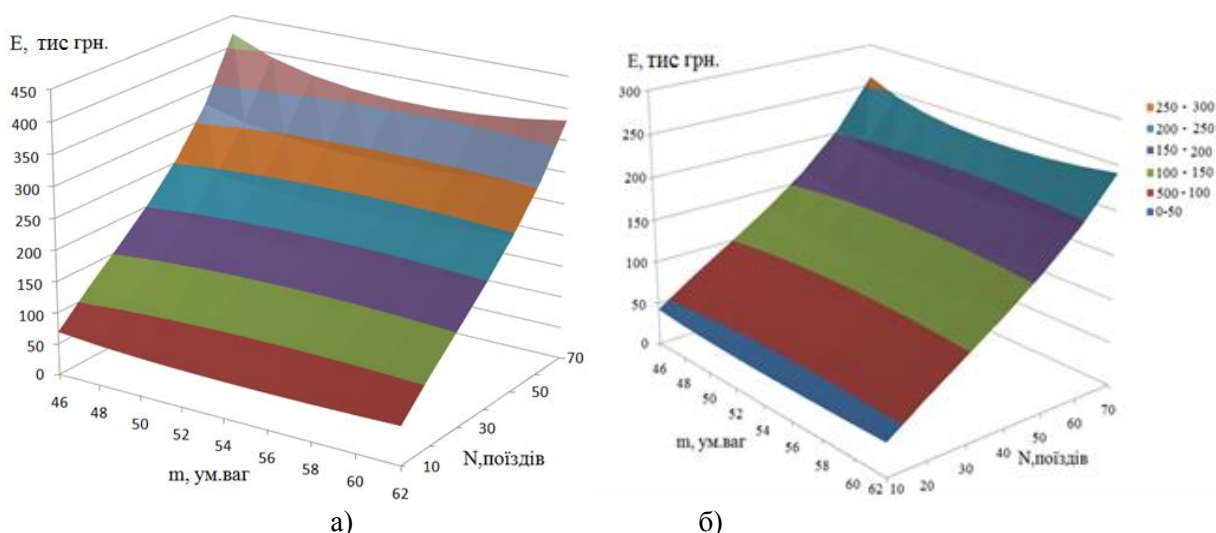


Рис. 2 - Зависимость затрат от количества поездов и условной длины поезда по направлениям участка: а) нечетный б) четный

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):

$$\begin{cases} C_{Пр} = \Pi_{Пр}(N, m) \rightarrow \max \\ C_{Дон} = \Pi_{Дон}(N, m) \rightarrow \max \end{cases} \quad (2)$$

где $\Pi_{пр}$, $\Pi_{дон}$ - 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 $t = \frac{\Pi_{пр}}{\Pi_{дон}}$.

При двух неизвестных значениях m и N , они должны удовлетворять следующую систему уравнений:

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

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.

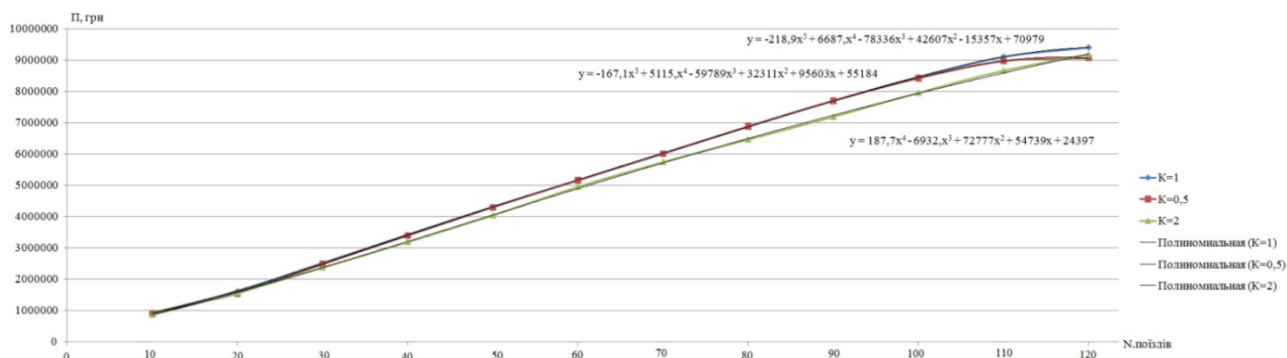


Рис. 3 - Суммарная функция прибыли при распределении поездопотоков в зависимости от интересов отдельных железных дорог

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

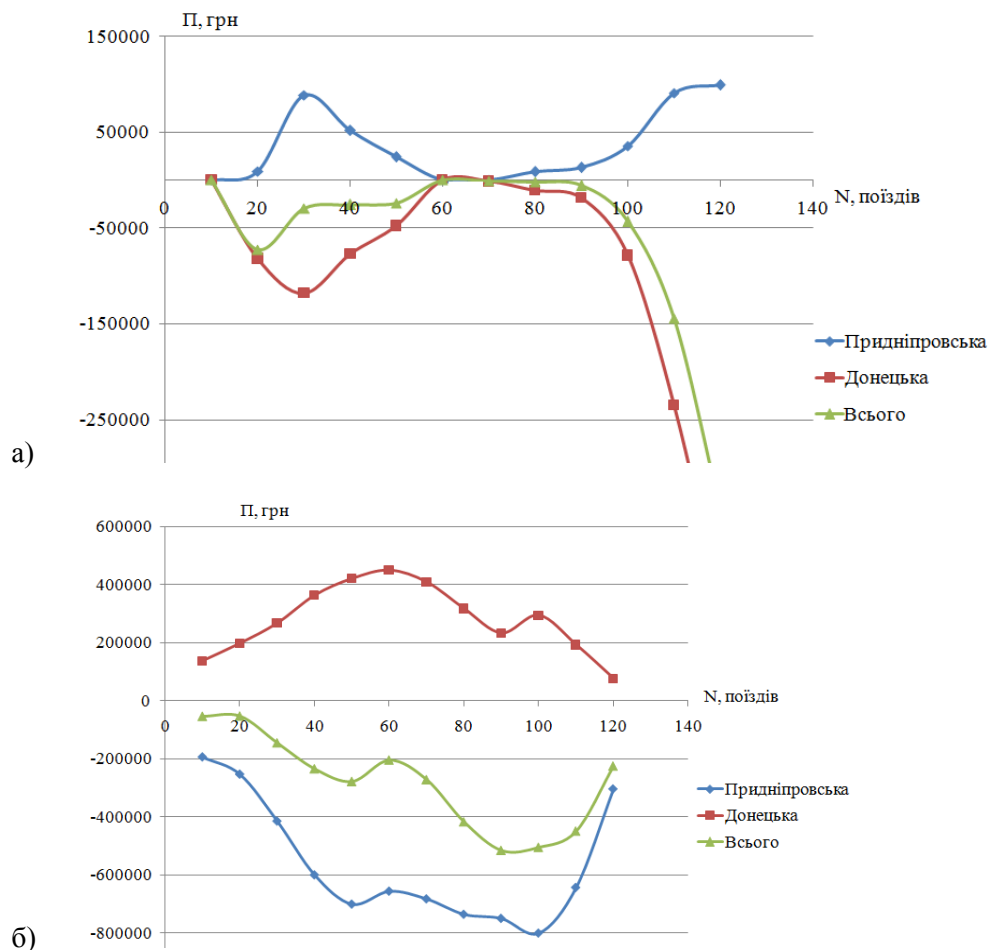
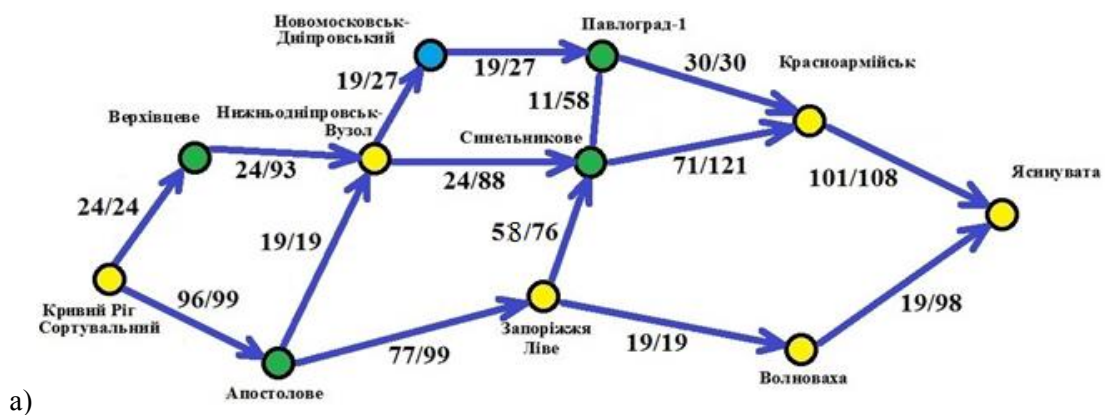


Рис. 4 - Относительная разница прибыли железных дорог в условиях приоритета:
а) Приднепровской железной дороги ($t=0,5$)
б) Донецкой железной дороги ($t=2$)

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 рисунке 5 (а-в).



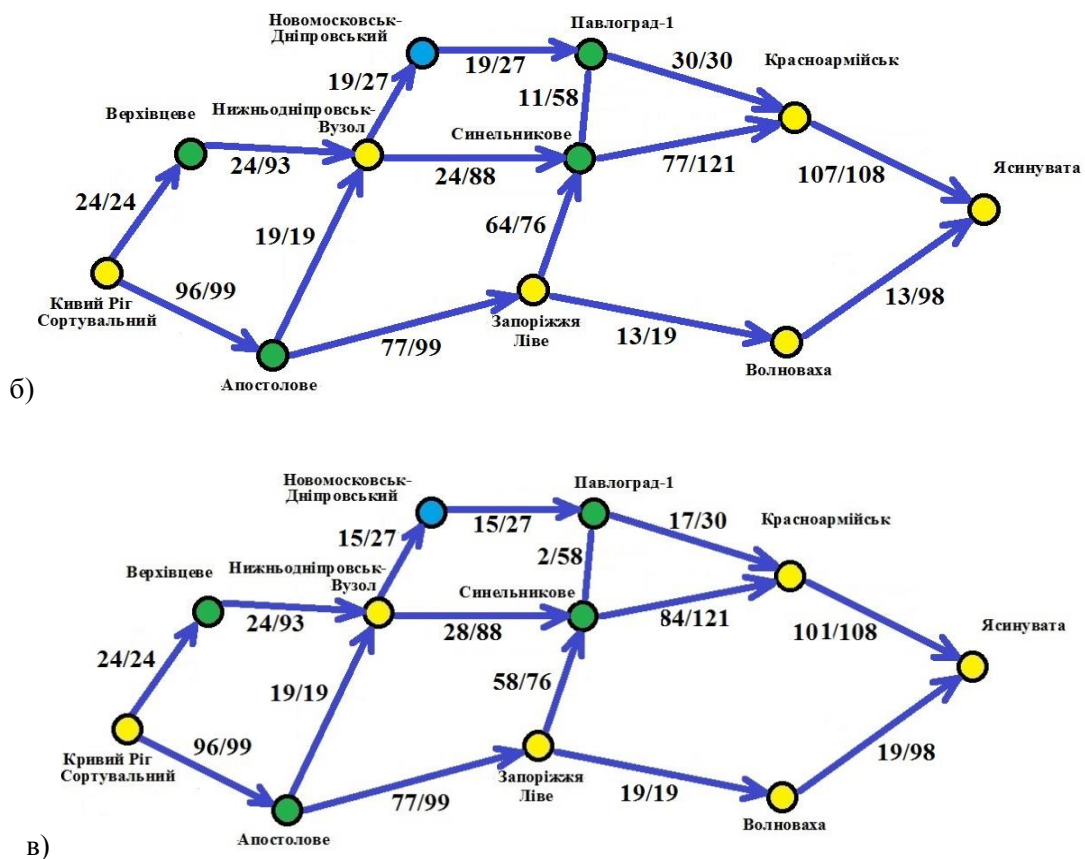


Рис. 5 - Рациональное распределение поездопотоков на сети:

а) при $t = 1$; б) при $t = 0,5$; в) при $t = 2$.

Выводы. 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. - с. 321.
2. Чибісов Ю.В. Математична модель вибору раціональних варіантів пропуску поїздопотоків по залізничній мережі [Текст] / Ю.В. Чибісов, Г.Я. Мозолевиц // Восточно-европейский журнал передових технологій. №3/11 (57) 2012, - С. 37-41.
3. Мозолевиц Г.Я. Удосконалення технології пропуску поїздопотоків на паралельних напрямках та у залізничних вузлах [Текст] / Г.Я. Мозолевиц, Ю.В. Чибісов // Тезиси міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи взаємодії залізничних і промислових підприємств», Д.: ДНУЖТ. - 2012 р. - С. 66-67.
4. Козаченко Д.М. Визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничних напрямках [Текст] / Д.М. Козаченко, Г.Я. Мозолевиц, О.О. Мазуренко // Восточно-европейский журнал передових технологій. - № 2/3 (50) 2011, - С. 40-45.

**ЗАДАЧА РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ПОЕЗДОВ ПО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ПОЛИГОНУ, КОТОРЫЙ ПРИНАДЛЕЖИТ
НЕСКОЛЬКИМ СОБСТВЕННИКАМ**

В статье предложен новый подход к решению задачи распределения потоков поездов по участкам железнодорожного полигона на основе метода векторной оптимизации. Данная задача решается оперативно-диспетчерским аппаратом железных дорог на основе не формализованных факторов, в основном за счет опыта персонала. Особый научный и практический интерес вызывают вопросы распределения поездопотоков в условиях наличия нескольких собственников отдельных участков железных дорог.

Мозолевич Григорий Яковлевич
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени
академика В. Лазаряна, г. Днепропетровск
Кандидат технических наук, без звания, доцент.
+38(0562)-373-15-12
E-mail: MrMozG81@mail.ru