

Мозолевич Григорий Яковлевич

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, старший преподаватель кафедры «Станции и узлы», к.т.н.

Чибисов Юрий Витальевич

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ассистент кафедры «Станции и узлы», к.т.н.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОПУСКА ПОЕЗДОПОТОКОВ НА НАПРАВЛЕНИИ ДОНБАСС – ПРИДНЕПРОВЬЕ - КРИВБАСС

В статье предложено за счет управления параметрами веса и длины поездов уменьшить общие затраты участников логистической цепи грузопотоков.

There was suggested the possible way of reduction of the total cost of the participants of the logistical chain by means of the controlling the parameters of the mass and length of the trains.

Современные условия функционирования предприятий и организаций Днепропетровской области характеризуются постоянным изменением структуры и объемов грузопотоков, перевозимых транспортными системами при наличии резервов пропускной способности большинства направлений. Железнодорожный транспорт как элемент транспортной системы области и страны выполняет большую часть массовых грузовых перевозок, и поэтому организация его работы и взаимодействие с предприятиями-клиентами железной дороги является фактором, который играет ключевую роль в развитии региона.

В Днепропетровском регионе основным направлением железнодорожных перевозок является направление Донбасс-Приднепровье-Кривбасс. В логистической цепи производственных процессов предприятий металлургической, машиностроительной, добывающей отраслей промышленности транспортная составляющая является основной и определяет как себестоимость продукции, так и продолжительность, объемы ее производства.

В Днепропетровском регионе предприятиями перевозится преимущественно продукция и ее составляющие, имеющие большую себестоимость. Поэтому уменьшение времени их нахождения в процессе перевозок может привести к высвобождению значительной части средств, приходится на закупку продукции и ее составляющих, находящихся в процессе транспортировки. В связи с этим возрастает актуальность проблемы выбора рациональных параметров массы и длины поездов с целью уменьшения эксплуатационных расходов железной дороги и вышеуказанных расходов клиентов как единой синергетической системы.

Определение рациональных параметров и маршрутов поездопотоков является сложной оптимизационной задачей, которая не получила окончательного решения и в настоящее время. В связи с этим тема исследования, посвященная совершенствованию технологии пропуска поездопотоков на направлении Донбасс-Кривбасс с целью уменьшения энергозатрат и улучшения условий функционирования предприятий, пользующихся услугами железнодорожного транспорта, за

счет оптимизации выбора параметров и маршрутов поездопотоков, является весьма актуальной.

Проведенный анализ существующей ситуации в указанной проблеме показал, что определение рациональных параметров и маршрутов поездопотоков является сложной задачей, при решении которой было предложено использовать целый ряд противоречивых критериев [1-3]. В современных рыночных условиях при оптимизации параметров поездопотоков на направлениях используются и другие подходы к определению критерия оптимизации, кроме собственно затрат железной дороги. Так, в некоторых работах приводится обоснование уменьшения массы и длины поездов для ускорения пропуска контейнерных или контейнерных поездов, а также отдельных грузовых отправок за дополнительную плату. Недостатками этих методов является использование не совершенных моделей, учитывающих не все элементы транспортного процесса.

Для решения поставленной задачи разработана система математических моделей [4-5] технических станций, железнодорожного направления, распределения поездопотоков на сети (в том числе в железнодорожном узле). Для их идентификации проведен статистический анализ характеристик грузо- и поездопотоков, параметров единиц потока, характера их распределения и принципа организации перевозок в Днепропетровском железнодорожном узле и на примыкающих к нему направлениях [6].

Задача определения рациональных параметров грузовых поездопотоков на железнодорожных направлениях рассматривается как задача векторной оптимизации с двумя неизвестными - массой Q (т) и длиной поездов m (ваг). Критерием оптимизации по Парето выступают затраты участников логистической цепи грузопотоков:

$$\begin{bmatrix} E_3(m, Q) \\ E_{кл}(m, Q) \end{bmatrix} \rightarrow \min \quad (1)$$

где E_3 – расходы железной дороги на перемещение поездопотоков;

$E_{кл}$ – расходы клиентов, связанные с параметрами поездопотоков.

Расходы на пропуск поездопотоков состоят из следующих составляющих:

$$E_3 = E_{проб} + E_{лок} + E_{лок-бр} + E_{ст}, \quad (2)$$

где $E_{проб}$ – затраты на пробег поездов заданной массы и длины, которые приходятся на расходы электроэнергии или дизельного топлива;

$E_{лок}$ – расходы, приходящиеся на локомотиво-часы работы для пропуска заданного вагонопотока;

$E_{лок-бр}$ – расходы на содержание локомотивных бригад;

$E_{ст}$ - расходы станций, связанные с формированием и переработкой поездопотоков.

Исследование влияния параметров поездопотоков на расходы железной дороги для грузонапряженного направления проведено с использованием модели работы железнодорожного направления [4-5].

Расходы клиентов состоят из затрат на закупку грузов, которые постоянно находятся в процессе транспортировки $E_{вант}$ и затрат на хранение грузов на складах

отправителей и получателей $E_{зб}$.

Все вышеперечисленные расходы рассматриваются как функции двух параметров m и Q при постоянных значениях других параметров, таких как суточный вагонопоток по направлению A ваг/сутки, наличная пропускная способность N_n , максимальная длина приемоотправочных путей $l_{кол}$, максимальная масса поездов на участках направления при существующих поездных локомотивов Q_{max} , m , суточный грузопоток на направлении $P_{вант}$ т/сутки, доля порожнего вагонопотока в основном пустом направлении $\alpha_{пор}$, объемы пассажирского движения при летнем и не летнем графике движения поездов $N_{пас}$, поездов/сутки, средняя тара вагона, q_t , m , средняя грузоподъемность вагонов, $q_{ваг}$, т/ваг, локомотивный парк $W_{л}$.

Расходы клиентов на закупку грузов рассчитываются по формуле:

$$E_{вант} = A\alpha_{нав}qc_m d_{cm} t_{доcm} \left[1 + \frac{t_{напр}^*(m^*; Q^*)}{t_{напр}(m_{cm}; Q_{cm})} \right] \quad (3)$$

где $\alpha_{нав}$ – доля груженых вагонов от общего вагонопотока;

q – средняя нагрузка на вагон на направлении;

c_m – средневзвешенная стоимость одной тонны груза;

d_{cm} – дисконтная ставка;

$t_{доcm}$ – средняя продолжительность нахождения груза в движении от станции загрузки до станции назначения;

$t_{напр}^*(m^*; Q^*)$ – продолжительность нахождения груза на направлении при измененных параметрах поездопотоков m^* та Q^* ;

$t_{напр}(m_{cm}; Q_{cm})$ – продолжительность нахождения груза на направлении при существующих стандартах параметров поездопотоков.

Расходы на хранение груза изменяются пропорционально величинам партий поставок m , что соответствует количеству вагонов в составах поездов. Рассчитать эти расходы для отдельного состава можно по формуле:

$$E_{зб} = 0,5mc_s T \quad (4)$$

де c_s – средние затраты на хранение груза, грн/год;

T – средняя продолжительность потребления одной партии груза, год. Очевидно, что этот параметр пропорционален величине партии m .

Система ограничений параметров функции состоит из следующих уравнений и неравенств:

- 1) ограничения по наличной пропускной способности участков;
- 2) соответствие суточного объема вагонопотоков суточному поездопотоку;
- 3) ограничение по длине приемоотправочных путей;
- 4) ограничение по силе тяги поездных локомотивов;
- 5) ограничения по объемам перевезенных грузов;
- 6) ограничение по грузоподъемности вагонов;
- 7) ограничение по локомотивному парку;

На рис. 1 показана область допустимых значений параметров поездопотоков для направления Ясиноватая – Нижнеднепровск-Узел. Ограничения (1') и (1'') соответствуют не летним и летним размерам движения пассажирских поездов на

направлении. Конус, образованный ограничениями (5)-(6) объясняется соотношением случайных параметров m и Q . Ограничение (7) параллельное ограничениям (5) и колеблется в пределах от (1') до (1'') в оперативных условиях за счет перераспределения локомотивного парка смежных направлений.

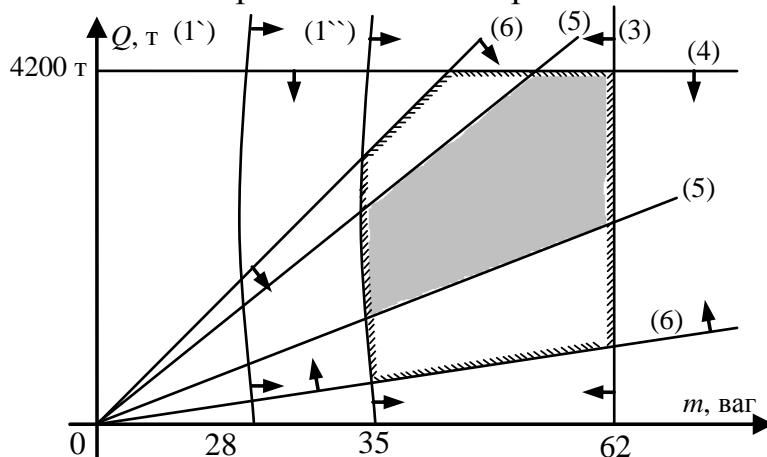


Рис. 1 – Область допустимых значений параметров поездопотоков

Для определения затрат клиентов $E_{\text{вант}}$ и $E_{\text{зб}}$ выполнен статистический сбор информации о структуре, объемах и стоимости грузопотоков, перевозимых на грузонапряженном направлении Ясиноватая – Нижнеднепровск-Узел. На рис. 2 приведено распределение грузопотоков по роду грузов в четном и нечетном направлении перевозок.

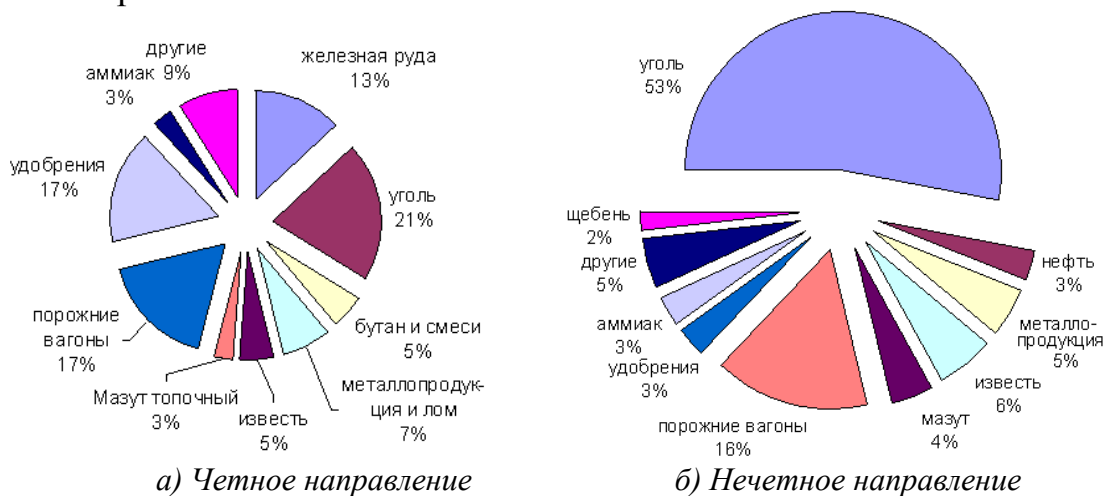


Рис. 2 - Диаграмма структуры грузопотоков на направлении Ясиноватая – Нижнеднепровск-Узел

Анализ изменения структуры грузопотоков показал, что в последнее десятилетие происходит изменение конъюнктуры рынка грузовых перевозок. Одновременно с этим изменяется спрос и предложение на отдельные товары, перевозимых железными дорогами Украины, некоторые группы грузов стали транспортироваться другими видами транспорта или перевозиться путями в обход Днепропетровского узла. На рис. 3 показано динамику изменения объемов грузов и себестоимости их одной тонны. Анализ изменения стоимости массовых грузов, перевозимых железными дорогами с 2002 по 2010 г., показал значительные колебания, которые объясняются изменением спроса и объемов потребления тех или иных товаров на рынке. Между средневзвешенной стоимостью 1 т груза и объемом перевозок была установлена тесная корреляционная связь.

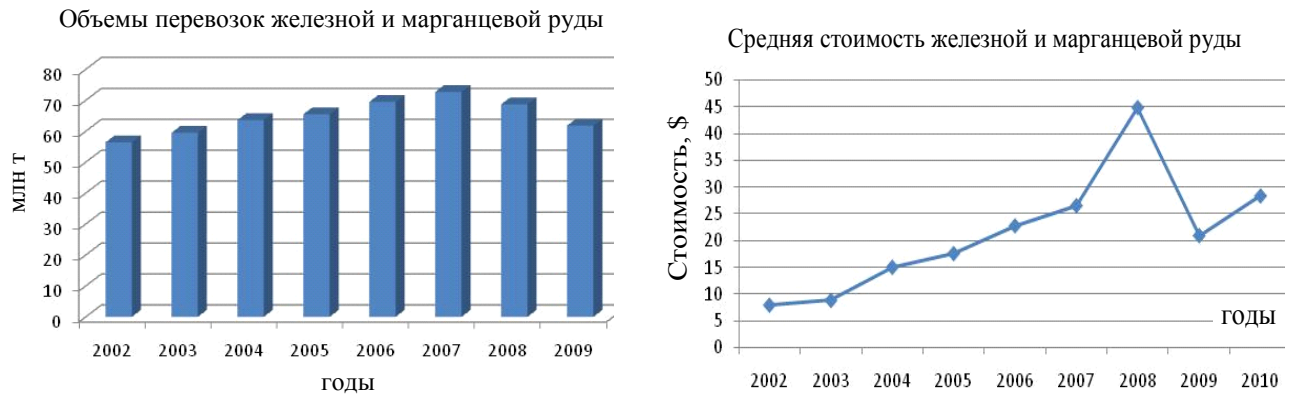


Рис. 3 – Диаграмма изменения объемов грузопотоков и средней стоимости груза

Решение задачи векторной оптимизации состоит в поиске всех пар параметров поездопотоков, которые удовлетворяют условию (1) при любом соотношении затрат между собой $t = C_z / C_{кл}$. При двух неизвестных значениях m и Q , они должны удовлетворять следующую систему дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial E_z(m, Q)}{\partial m} + t \frac{\partial E_{кл}(m, Q)}{\partial m} = 0, \\ \frac{\partial E_z(m, Q)}{\partial Q} + t \frac{\partial E_{кл}(m, Q)}{\partial Q} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Решение этой системы уравнений для функций затрат грузонапряженных направления железнодорожных перевозок получены с использованием программного средства *Maple 7*.

Значения оптимальных параметров поездопотоков находятся на границе ОДЗ, при $\forall t \in 1,5; 4,5$ решению будет иметь вид некоторой кривой (рис. 4) при постоянном значении параметра t . Необходимо отметить, что решение представляет собой возможные пары стандартных параметров поездопотоков, которые задавались бы в тех или иных случаях на направлении, а настоящие эксплуатационные значения \tilde{m} и \tilde{Q} незначительно колеблются в любой точке полученной функции $Q = f(m) \forall t \in 1,5; 4,5$.

Соотношение затрат железной дороги и ее клиентов при различных значениях параметра t представлены на рис. 5. Ограничения соотношения затрат участников логистической цепи грузопотоков вызвано ограничениями, которые накладываются на параметры поездопотоков.

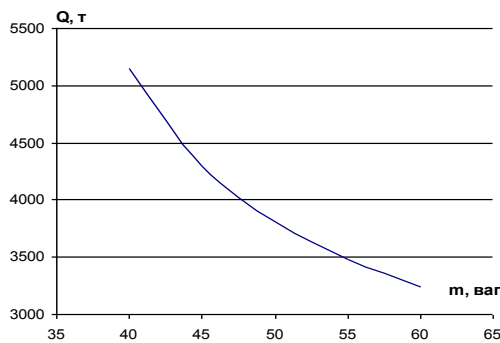


Рис. 4 – Решение задачи оптимизации при $t = const$

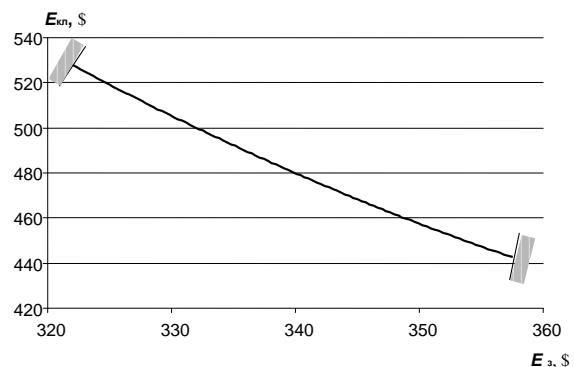


Рис. 5 – Решение задачи оптимизации при $t \in 1,5; 4,5$

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы. При уменьшении объемов перевозок на железной дороге возникает проблема ускорения движения поездопотоков в связи с увеличением продолжительности простоя вагонов на технических станциях под накоплением. В этот период времени происходит уменьшение стоимости грузовой транспортируемой массы, и поэтому ее перевозка может быть выполнена в более длительные сроки с максимально возможным увеличением длины и массы поездов и соответствующим уменьшением как эксплуатационных расходов железной дороги, так и тарифов на перевозки.

При увеличении объемов перевозки происходит постепенное увеличение стоимости грузов, поэтому в настоящее время рациональным становится уменьшение массы и длины поездов, что приведет к ускорению продвижения поездопотоков на направлении с организацией движения неполносоставных поездов длиной 45-52 вагонов в зависимости от рода грузопотоков на направлении и их объема. Значительное влияние на выбор параметров поездопотоков будут уже иметь ограничения по наличному количеству локомотивов, загруженности участков и элементов станций. Увеличение эксплуатационных расходов на пропуск поездопотоков при этом ложатся на клиентов, соответственно увеличивая тарифные ставки. Так, для направления Ясиноватая - Нижнеднепровск-Узел, увеличив собственные расходы на 40 тыс.грн/сутки, расходы клиентов сокращаются на 80 тыс. грн., т.е. частично разделив сокращение общих расходов системы между ее участниками, можно получить синергетический эффект в размере 40 тыс. грн/сутки. Такой подход к управлению параметрами поездопотоков, который включает взаимодействие с клиентами и учет их интересов, повысит конкурентоспособность железных дорог на транспортном рынке грузовых перевозок, уменьшит себестоимость продукции и соответственно повысит ее конкурентоспособность на мировых рынках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонов, К.К. Теоретические основы выбора оптимальных весовых норм грузовых поездов / К.К. Тихонов. - М.: Транспорт, 1970. - 200 с.
2. Савенко, А.С. Оптимизация массы грузовых поездов на участках / А. С. Савенко, Г.И. Музыкина // Транспорт: Сб. науч. Тр. - Вып. 8 - Днепрпетровск: ДИИТ. - 2001. с. 93-97.
3. Крапивный, А. Вес поезда. Ориентиры, проблемы, опыт. На основе развития инфраструктуры магистрали / В.А. Крапивный, В.А. Анисимов // Железнодорожный транспорт. - 2005. - № 3. - С. 30-36.
4. Козаченко Д.М. Моделювання роботи залізничного напрямку / Д.М. Козаченко, Г.Я. Мозолевич, О.В. Власюк // Вісник ДНУЗТ, Вип. 28, Д.: ДІТ, 2009, – С. 143-148.
5. Чибісов Ю. В. Імітаційна модель розподілу поїздопотоків по оптимальним маршрутам / Ю. В. Чибісов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 36 – Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – С. 213–219.
6. Мозолевич Г. Я. Дослідження поїздопотоків Дніпропетровського залізничного вузла / Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибісов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: ХП, 2011. – Вип. 9.– С. 72–78.

Мозолевич Григорий Яковлевич

Адрес: кафедра «Станции и узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, улица Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, 49010.

Тел.: +38-056-373-15-20.

Электронный адрес: MrMozG81@mail.ru

Дата рождения: 14.08.1981

Форма участия: заочная.

Чибисов Юрий Витальевич

Адрес: кафедра «Станции и узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, улица Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, 49010.

Тел.: +38-056-373-15-20.

Электронный адрес: Chibisoff_yuriy@mail.ru

Дата рождения: 13.07.1982

Форма участия: заочная.