

УДК 630.383

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ЛЕСОПРОДУКЦИИ ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА

Мотрюк Е.Н., Бурмистрова О.Н., Пильник Ю.Н.

ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет»,
Ухта, e-mail: olga.burm@mail.ru

Проведен анализ распределения перевозок между железнодорожным и автомобильным транспортом, который показывает, что целесообразным признается тот способ перевозки, при котором достигается меньшая сумма приведенных затрат. Статья посвящена вопросу моделирования оптимального распределения объема перевозок лесопроductии между различными видами транспорта. Представлена модель распределения потребностей в перевозках по видам транспорта, функция оптимальных затрат при железнодорожном варианте перевозки лесных грузов и функция оптимальной схемы грузопотоков с учетом взаимозаменяемости лесных грузов. Разработана схема условной сети для решения транспортной задачи с учетом взаимозаменяемости лесной продукции. Предложен комплекс программ для разработки оптимальных схем грузопотоков лесных грузов. Таким образом, решается поставленная транспортная задача и определяется оптимальное прикрепление потребителей к поставщикам лесопроductии.

Ключевые слова: транспортные потоки, оптимизация распределения, математическая модель, грузопоток

TO THE QUESTION OF MODELLING OF OPTIMUM DISTRIBUTION OF TRANSPORT STREAMS OF THE FOREST PRODUCT ON MEANS OF TRANSPORT

Motryuk E.N., Burmistrova O.N., Pilnik Y.N.

FGBOU VPO «The Ukhta state technical university», Ukhta, e-mail: olga.burm@mail.ru

The analysis of the distribution of traffic between rail and road, which shows that recognizes the appropriate mode of transportation, at which the smaller amount of reduced expenditures. The article focuses on modeling the optimal distribution of timber traffic between different modes of transport. The model of the distribution of transportation needs by mode of transport, the function of optimal costs for rail transportation of timber cargo version and functions optimal pattern of traffic flows based on the interchangeability of timber cargo. A scheme of the conventional network to solve the transportation problem in view of the interchangeability of forest products. A set of programs for the development of optimal schemes of cargo flows of timber cargo. Thus, solves the transportation problem and determined the optimal attachment of consumers to suppliers of timber.

Keywords: transport streams, distribution optimization, mathematical model, freight traffic

В настоящее время в лесной отрасли важное значение имеет распределение перевозок между железнодорожным и автомобильным транспортом. Целесообразным признается тот способ перевозки, при котором достигается меньшая сумма приведенных затрат [4].

Рассмотрим экономико-математическую модель вида

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

при

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = d_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n.$$

где m – количество станций погрузки; n – количество станций выгрузки; d_i – объемы

погрузки; b_j – объемы выгрузки; l_{ij} – кратчайшие (тарифные) расстояния между станциями погрузки и выгрузки; x_{ij} – искомые объемы перевозок.

Для определения рациональных зон снабжения лесоматериалами и заполнения «свободных участков» рассчитываются потенциалы транзитных станций по формуле

$$U_k = \min_{i \in I} (V_i + l_{ik}), \quad (4)$$

где I – множество станций погрузки; V_i – потенциал i -й станции погрузки; l_{ik} – кратчайшее (тарифное) расстояние между i -й станцией погрузки и k -й транзитной станцией; U_k – искомый потенциал k -й транзитной станции.

Для каждой i -й станции погрузки оптимальная схема лесных грузопотоков разрешает перевозку в адрес только таких станций j , для которых выполняется условие

$$V_j = V_i + l_{ij}. \quad (5)$$

Для выбора плана с наименьшими расходами решается задача:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \omega_{ij} c_{ij} x_{ij}; \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = d_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (8)$$

$$\omega_{ij} = \begin{cases} -1, & \text{если перевозка от } i\text{-й станции} \\ & \text{погрузки к } j\text{-й станции,} \\ & \text{выгрузки разрешена оптимальной} \\ & \text{схемой грузопотоков,} \\ -\infty, & \text{если перевозка запрещена,} \end{cases} \quad (9)$$

где c_{ij} – зависящие от параметров движения эксплуатационные расходы железнодорожного транспорта на перевозку единицы лесопродукции от i -й станции погрузки до j -й станции выгрузки.

При этих условиях сохраняются устойчивые транспортные связи. Задача решается путем максимизации коэффициента устойчивости связей (K_c) [5]:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \min(x_{ij}, y_{ij})}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n y_{ij}}, \quad (10)$$

при условии

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = d_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij} x_{ij} = f''; \quad (13)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n. \quad (14)$$

где y_{ij} – планируемый объем перевозки от i -й станции погрузки до j -й станции выгрузки лесоматериалов; f – минимальный тарифный грузооборот ($\text{м}^3/\text{км}$).

Учет пропускных способностей отдельных участков сети и станций реализуется соответствующим программным преобразованием расчетной транспортной сети на ЭВМ путем ввода дополнительных вершин и дуг, отражающих размеры ограничений (в м^3).

При разработке оптимальной схемы грузопотоков с учетом частичной взаимозаменяемости лесопродукции оптимальное приращение и потенциалы, станций по-

грузки и выгрузки определяются следующим выражением:

$$F = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{q=1}^{\sigma} l_{ij} x_{ij}^q \rightarrow \min, \quad (15)$$

при

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = d_i^q, \quad q = 1, 2, \dots, \sigma; i = 1, 2, \dots, m; \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{q=1}^{\sigma} \alpha_q x_{ij}^q = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (17)$$

$$H_j^q \leq \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq B_j^q,$$

$$q = 1, 2, \dots, \sigma; j = 1, 2, \dots, n; \quad (18)$$

$$x_{ij}^q \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m;$$

$$j = 1, 2, \dots, n; q = 1, 2, \dots, \sigma, \quad (19)$$

где m – число станций погрузки; n – число станций выгрузки; σ – количество видов частично взаимозаменяемой продукции; l_{ij} – кратчайшее (тарифное) расстояние перевозки от i -й станции погрузки до j -й станции выгрузки; α_q – коэффициент взаимозаменяемости q -го вида продукции; d_i^q – объем погрузки продукции q -го вида на i -й станции погрузки; b_j – объем выгрузки на j -й станции выгрузки; H_j^q, B_j^q – ограничения на размер потребления (выгрузки) лесоматериалов q -го вида по j -й станции выгрузки (не меньше, не больше); x_{ij}^q – искомые объемы перевозок продукции q -го вида от i -й станции погрузки до j -й станции выгрузки.

Сформируем программным путем искусственную «многослойную» транспортную сеть. Каждому отправителю в этой сети соответствует вершина с объемом производства, равным объему погрузки. Для учета двухсторонних ограничений («не менее», «не более») на потребление отдельных видов лесоматериалов по каждому потребителю в сеть вводится $2k + 1$ вершина, где k – количество видов лесоматериалов. Вершины первого слоя (k вершин) отражают нижнюю границу потребления, второго слоя (тоже k вершин) – разницу между верхней и нижней границами потребления. Балансировочная вершина необходима для учета суммарной потребности получателя продукции и является вершиной-поставщиком с объемом производства, равным разнице между суммой верхних границ потребления и реальной суммарной потребностью получателя [3].

Каждая вершина – отправитель соединяется с вершинами – потребителями первого слоя, которые соответствуют виду продукции, отгруженному отправителем. Вершины – потребители первого слоя соединяются дугами

нулевой длины с «одноименными» вершинами-потребителями второго слоя. Каждая балансировочная вершина соединяется дугами нулевой длины со всеми вершинами-потребителями второго слоя, которые соответствуют тому же получателю продукции.

На сформированной указанным способом сети решается поставленная транспортная задача и определяется оптимальное

прикрепление потребителей к поставщикам лесопроизводства (рис. 1).

Рациональные зоны снабжения при разработке оптимальных схем грузопотоков с учетом взаимозаменяемости различных видов продукции устанавливаются следующим образом.

На рис. 2 представлена структура для разработки комплекса программ на ЭВМ.

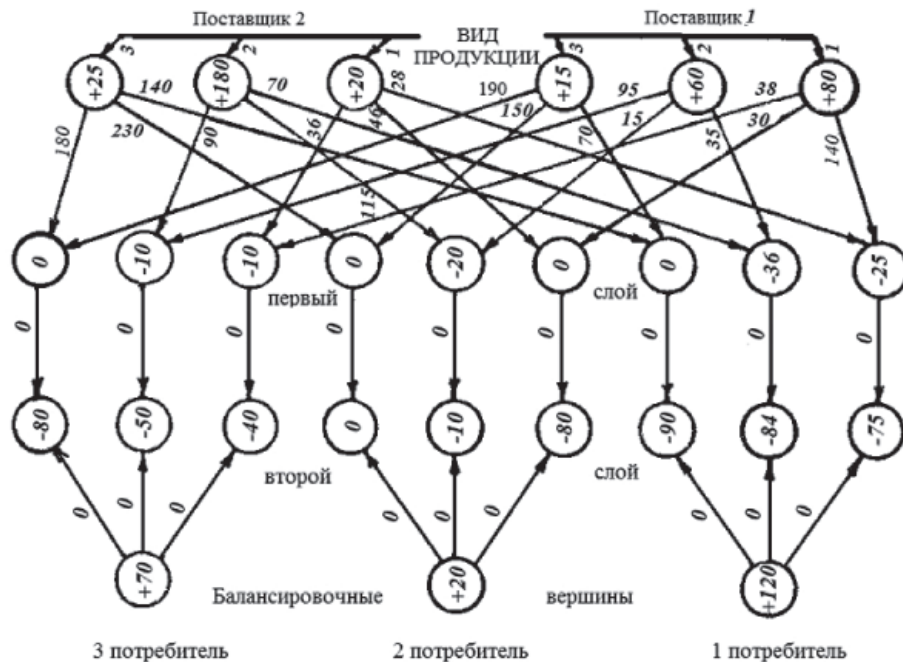


Рис. 1. Схема условной сети для решения транспортной задачи с учетом взаимозаменяемости лесной продукции

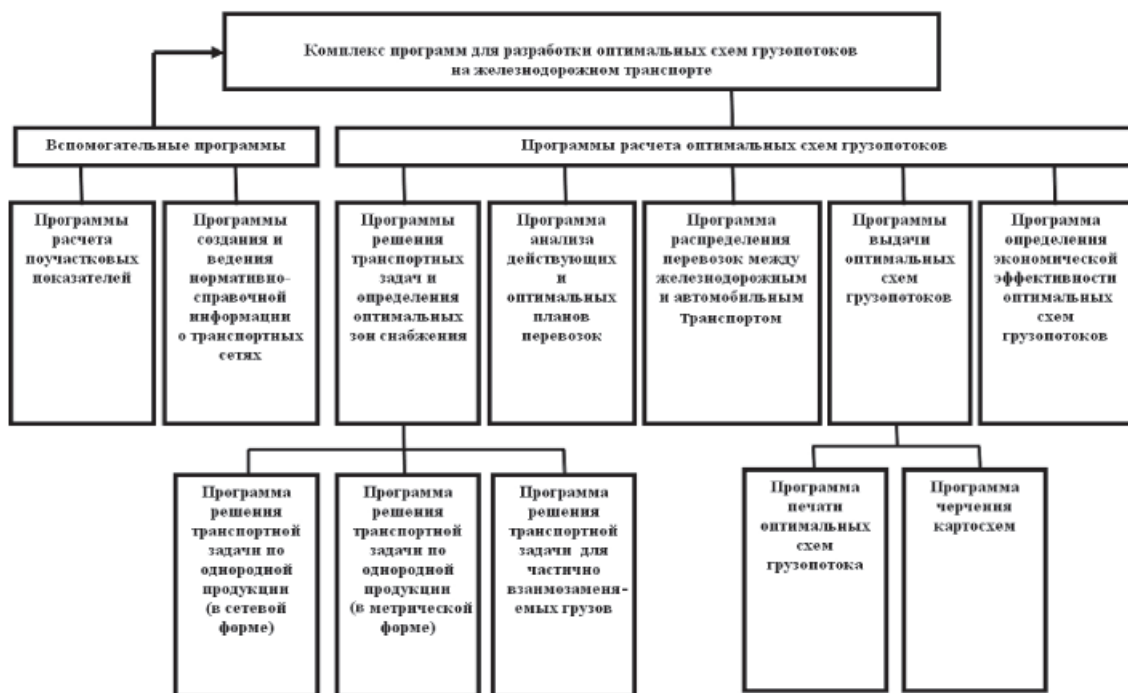


Рис. 2. Комплекс программы для разработки оптимальных схем грузопотоков лесных грузов

Для решения задачи по оптимизации грузопотоков лесоматериалов подготавливается постоянная информационная модель транспортной сети для ЭВМ. Эта транспортная сеть представляет собой закодированную информацию о включенных в неё вершинах (станциях) и оценку звеньев (участков) между ними. Размер транспортной сети определяется количеством включенных в неё вершин или участков.

Оценку звеньев (дуг) можно осуществлять по их протяженности, а также по стоимостным и временным показателям. При этом возможно определенное микро-районирование сети, оценкой участков по направлениям «туда» и «обратно», подготовка и взаимодействие нескольких «слов» сети, использование ограничений по вершинам и участкам, перевод сети в матричную форму.

Разработка такой схемы грузопотоков осуществляется путем решения открытых транспортных задач (при несбалансированности ресурсов и потребностей в них) в два этапа. На первом этапе решается задача оптимального прикрепления потребителей к поставщикам при выбранном варианте развития (сокращения) производства, а на втором – выбор местоположения пунктов производства (потребления) и разработка перспективных схем грузопотоков.

Список литературы

1. Бурмистрова О.Н., Повышение транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог лесопромышленного комплекса / О.Н. Бурмистрова, В.К. Курьянов,

Д.Н. Афоничев, А.В. Скрипников. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 176 с.

2. Великанов Д.П. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов, В.Н. Вернацкий, Б.И. Нифонтов, И.П. Плеханов. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.

3. Зыков А.А. Теория конечных графов. – Новосибирск: Наука, 1969. – 170 с.

4. Николин В.И. Проектирование автотранспортных систем доставки грузов / В.И. Николин и др. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001.

5. Miller A.J. Road traffic flow considered as a stochastic process // Proc/ Camoridge Philos. Soc. – Vol. 58. – P. 312–325.

References

1. Burmistrova O.N., Povyshenie transportno-jeksploatacionnyh kachestv avtomobilnyh dorog lesopromyshlennogo kompleksa / O.N. Burmistrova, V.K. Kurjanov, D.N. Afonichev, A.V. Skrypnikov. Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 2002. 176 p.

2. Velikanov D.P. Avtomobilnye transportnye sredstva / D.P. Velikanov, V.N. Vernackij, B.I. Nifontov, I.P. Plehanov. M.: Transport, 1977. 326 p.

3. Zykov A.A. Teorija konechnykh grafov. Novosibirsk: Nauka, 1969. 170 p.

4. Nikolin V.I. Proektirovanie avtotransportnyh sistem dostavki gruzov / V.I. Nikolin i dr. Omsk: Izd-vo SibADI, 2001.

5. Miller A.J. Road traffic flow considered as a stochastic process // Proc/ Camoridge Philos. Soc. Vol. 58. pp. 312–325.

Рецензенты:

Сушков С.И., д.т.н., профессор кафедры технологии и машин лесозаготовок, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта;

Павлов А.И., д.т.н., профессор кафедры лесных, деревообрабатывающих машин и материаловедения, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», г. Ухта.

Работа поступила в редакцию 18.03.2015.