

*Д.И. ЕВСТРАТ*, канд. техн. наук, ХИТВ НТУ "ХПИ" (г. Харьков),  
*Ю.И. КУШНЕРУК*, канд. техн. наук, ВИ ВВ МВДУ (г. Харьков),  
*С.А. СТАРОДУБЦЕВ*, канд. воен. наук, ВИ ВВ МВДУ (г. Харьков),  
*Н.Д. ТКАЧЕНКО*, ХИТВ НТУ "ХПИ" (г. Харьков)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНА МАРШРУТИЗАЦИИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО МАРШРУТАМ ПЕРЕВОЗОК

Запропоновано математичні моделі оптимального плану маршрутизації вантажоперевезень та розподілу транспортних засобів за маршрутами перевезень за критерієм мінімуму сумарних затрат на перевезення з урахуванням техніко-експлуатаційних параметрів транспортних засобів та стану доріг на транспортній мережі.

The authors propose mathematical optimal scheme models of the freight traffic routing and transport facilities distribution according to minimum summarized cost criterion including technical and operational characteristic of transport facilities and road status in transportation network.

**Постановка проблемы.** Управление перевозками грузов невозможно без качественного планирования, которое должно быть направлено на эффективное использование транспортных средств. Ключевыми задачами управления перевозками являются маршрутизация грузоперевозок и распределение транспортных средств по маршрутам при условии выполнения плана перевозок в соответствии с выбранным критерием оптимизации. При решении данных задач необходимо учитывать информацию о транспортной сети, а также технико-эксплуатационные параметры транспортных средств, такие как: грузоподъемность, коэффициенты готовности и статического использования транспортных средств, количество рейсов и себестоимость одного рейса, выполняемого каждым транспортным средством, и др. Основным критерием оптимизации в условиях рыночных отношений становятся минимальные затраты на транспортировку грузов.

Многофакторность влияния на процесс грузоперевозок обуславливает разнообразность подходов к решению данной задачи.

**Анализ литературы** показывает, что большинство подходов предлагают математический аппарат, который позволяет рассчитать определенные показатели в конкретных условиях перевозок без поиска оптимальных решений. Так в [1] приводится общий алгоритм планирования грузовых автомобильных перевозок. Методам решения транспортных задач с использованием логистического подхода уделяется внимание в работах [2, 3]. Задача управления цепочками поставок в системе материального обеспечения воинских подразделений решается в [4].

**Цель статьи** – решение задачи определения оптимального плана маршрутизации грузоперевозок и распределения транспортных средств по маршрутам перевозок по критерию минимума суммарных затрат на перевозку с учетом технико-эксплуатационных параметров транспортных средств и состояния дорог на транспортной сети.

**Основной материал.** Введем следующие обозначения:

$D = \|d_{ij}\|_{p,p}$  – матрица однозвенных расстояний между пунктами транспортной сети;

$p$  – количество пунктов транспортной сети;

$m$  – количество складов для хранения однородного продукта;

$n$  – количество пунктов назначения (потребителей);

$a_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) – запасы однородного продукта на  $i$ -м складе;

$b_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ) – заявка на однородный продукт  $j$ -го пункта назначения;

$S$  – число типов транспортных средств;

$L$  – количество маршрутов, соединяющих склады с потребителями;

$C_{sl}$  ( $s = \overline{1, S}$ ,  $l = \overline{1, L}$ ) – себестоимость одного рейса, выполняемого транспортным средством  $s$ -го типа на  $l$ -м маршруте;

$K_s$  ( $s = \overline{1, S}$ ) – коэффициент готовности транспортного средства;

$\gamma_s$  ( $s = \overline{1, S}$ ) – коэффициент статического использования транспортного средства;

$q_s$  ( $s = \overline{1, S}$ ) – грузоподъемность транспортного средства  $s$ -го типа;

$N_s$  ( $s = \overline{1, S}$ ) – количество транспортных средств  $s$ -го типа.

С учётом возможных вариантов схем движения, ограничений, накладываемых грузоподъемностью транспортных средств, их готовностью, типом и количеством определение оптимального плана перевозок и загрузки транспортных средств можно представить в виде алгоритма (рис.).

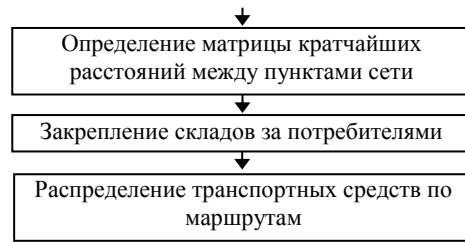


Рис. Алгоритм планирования грузоперевозок

В первом блоке формируется база данных, включающая информацию о расстояниях между пунктами транспортной сети, сведения о количестве транспортных средств каждого типа, их грузоподъемности и коэффициентах готовности, количестве и месторасположении складов и потребителей; себестоимости рейсов и др.

Во втором блоке находится матрица кратчайших расстояний  $D^* = \|d_{ij}^*\|$  между пунктами сети по алгоритму Беллмана-Шимбела [5]:

$$d_{ij}^{2k} = \min_{1 \leq \lambda \leq p} (d_{i\lambda}^k + d_{\lambda j}^k), \quad k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

При изменении состояния дорог на транспортной сети оперативно изменяется информация о матрице  $D$ .

В третьем блоке решается классическая транспортная задача [1]:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{ij}^* x_{ij} \rightarrow \min; \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}; \\ & x_{ij} = [x_{ij}] \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}; \\ & \sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j. \end{aligned} \quad (2)$$

Решением этой задачи является матрица транспортных потоков  $X^* = \|x_{ij}^*\|_{m,n}$  между складами и потребителями. Данная задача достаточно просто решается процедурой "Поиск решения" в MS Excel [6].

На основании решения данной задачи формируется множество кратчайших маршрутов, соединяющих склады с потребителями, которые занумерованы от 1 до  $L^*$ , где  $L^*$  – количество соответствующих маршрутов.

В четвертом блоке решается задача распределения транспортных средств имеющихся типов по маршрутам, найденным в третьем блоке:

$$\begin{aligned} & \sum_{s=1}^S \sum_{l=1}^{L^*} C_{sl} y_{sl} \rightarrow \min, \quad \sum_{s=1}^S \gamma_s q_s y_{sl} \geq Q_l, \quad l = \overline{1, L^*}; \\ & \sum_{l=1}^{L^*} y_{sl} \leq K_s N_s, \quad s = \overline{1, S}, \quad y_{sl} = [y_{sl}] \geq 0, \quad s = \overline{1, S}, \quad l = \overline{1, L^*}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $Q_l (l = \overline{1, L^*})$  – объём перевозок груза по  $l$ -му маршруту, определяемый в результате решения задачи (2);

$y_{sl} (s = \overline{1, S}, l = \overline{1, L^*})$  – искомое количество транспортных средств  $s$ -го типа, назначаемых на  $l$ -й маршрут. Задача транспортного типа (3) также с успехом может быть решена средствами MS Excel.

**Выводы.** Эффективное управление процессом грузоперевозок требует поиска оптимальных решений на этапе планирования перевозок. В результате решения задачи разработаны математические модели оптимального плана маршрутизации грузоперевозок и распределения транспортных средств по маршрутам перевозок по критерию минимума суммарных затрат на перевозку. Особенностью моделей является то, что в них учтены технико-эксплуатационные параметры транспортных средств и состояние дорог на транспортной сети, что позволяет адекватно отобразить реальный процесс транспортировки грузов.

Дальнейшее развитие работы будет связано с решением следующих задач:

1. Построение модели сравнения пунктов назначения с целью определения коэффициентов их важности для случая когда  $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$ .

2. Реализация учета пополнения однородного продукта на складах за счет поставок производителей.
3. Непорожний возврат транспортных средств.

**Список литературы:** 1. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики / Под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2003. – 176 с. 2. Миротин Л.Б., Некрасов А.Г. Логистика интегрированных цепочек поставок. – М.: Экзамен, 2003. – 256 с. 3. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок. – СПб.: Питер, 2004. – 316 с. 4. Евстрат Д.И., Биткова Т.В., Горюнов В.И. Управление цепочками поставок в системе материального обеспечения воинских подразделений. Збірник доповідей та повідомлень науково-практичної конференції. – Харків: ХІТВ НТУ "ХПІ", 2005 – С. 20 – 26. 5. Филлипс Д., Гарена-Диас А. Методы анализа сетей. – М.: Мир, 1984. – 496 с. 6. Гельман В.Я. Решение математических задач средствами MS Excel: Практикум. – СПб.: Питер, 2003. – 240 с.

Поступила в редакцию 21.04.2006