

УДК 625.721

Н.П.Вырко, профессор;  
А.А.Королёв, ассистент

### МЕТОД НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ГРУЗОВ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

The question about cost price and price-cutting of trees is described in the article. Study prices on machines and raw material, works in forestry, building of road-bed.

Когда планирование транспортных потоков различных видов происходит независимо, например на разных этапах становления планов, при нахождении оптимальных потоков транспортных средств, необходимых для освоения заданных потоков грузов, то во многих случаях (в особенности при решении задач текущего или перспективного планирования) можно считать, что маршруты потоков транспортных средств и потоков грузов полностью совпадают. Таким образом, для определения потоков транспортных средств достаточно найти лишь количество транспортных средств каждого типа, закрепляемых за каждым грузопотоком. На рисунке приведена схема общетранспортного узла для трёх видов транспорта.

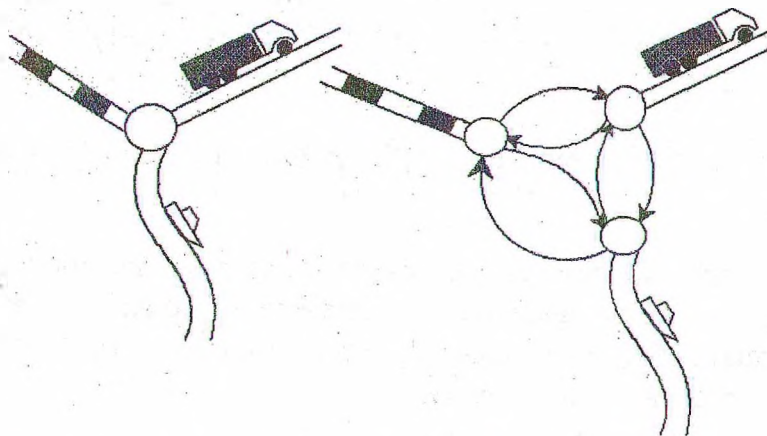


Рис. Схема общетранспортного узла.

Основную трудность при решении транспортных задач по распределению грузопотоков между различными типами транспортных средств составляет их высокая размерность, которая вынуждает отказываться от уче-

та целого ряда факторов, решать задачу для части грузопотоков и транспортных средств, не учитывать переменные факторы.

В связи с этим предложен декомпозиционный метод для решения задач, имеющих большую размерность [1]. Разработанная математическая модель позволяет определить оптимальное распределение объемов перевозок грузов в каждый период времени между различными типами собственных и арендованных транспортных средств, объёмы перевозок грузов транспортными средствами, сдаваемыми в аренду, количество грузов, перевозка которых переносится на другие периоды времени.

$$\sum_{tm} \left\{ \sum_{nl} \left( C^{nlt} \left[ X^{nlt} + \sum_p (X^{nlt} + \sum_p (Y^{mnpit} + Z^{mnpit})) \right] - C^{mnl} X^{mnl} + \right. \right. \\ \left. \left. + \sum_p \left( (D^{mnpit} - C^{mnl}) \omega^{mnpit} - \underline{h}^{mpt} D^{mnl} Z^{mnpit} - D^{mnpit} Y^{mnpit} \right) \right] + \right. \\ \left. + \sum_p \left( \overline{h}^{mpt} - \underline{h}^{mpt} \right) U^{mpt} \right\} - \sum_t \sum_n \sum_l g^{nlt} Q^{nlt} \rightarrow \max. \quad (1)$$

При этом должны быть выполнены следующие ограничения. Суммы объемов грузов, перевезенных как собственными, так и арендованными транспортными средствами, и объемы грузов, перевозка которых переносится на другие периоды, должны быть равны общему количеству грузов:

$$\sum_t \sum_m \left[ X^{mnl} + \sum_p (Y^{mnpit} + Z^{mnpit}) \right] + Q^{nlt(-nt)} = B^{nl}, t \in [t^{nl}, \overline{t}^{nl}], \forall n, l \\ \sum_m \left[ X^{mnl} + \sum_p (Y^{mnpit} + Z^{mnpit}) \right] + Q^{nlt} - Q^{nl, t-1} = 0, t \in \overline{t}^{nl}, \forall n, l \quad (2)$$

Затраты бюджета времени транспортных средств, которые складываются из затрат во время аренды и внешнеэксплуатационных затрат, не должны превышать общего календарного бюджета времени транспортных средств данного типа в данный период:

$$\sum_p U^{mpt} + \sum_n \sum_l D^{mnl} \left( X^{mnl} + \sum_p \omega^{mnpit} \right) + r^{mt} \leq \overline{t}^{mt}, \forall^m, t, \quad (3)$$

где

$$\sum_t r^{mt} = R^m, m \in M_j, j = \overline{1, j} \quad (4)$$

Расходы на аренду не должны превышать выделенной для этого суммы:

$$\sum_m \sum_t \sum_p \sum_n \sum_l (D^{mnplt} Y^{mnplt} + h^{mpt} Z^{mnplt}) \leq S \quad (5)$$

Объемы сдачи транспортных средств в аренду не должны превышать соответствующих потребностей:

$$\sum_m \omega^{mnplt} \leq W^{nplt}, \forall p, l, t, n, \quad (6)$$

$$u^{mpt} \leq U^{mpt}, \forall p, t, m \quad (7)$$

Затраты бюджета времени арендуемых транспортных средств не могут быть выше максимально возможных:

$$\sum_n \sum_l (D^{mnlt} Y^{nplt} + D^{mnlt} Z^{mnplt}) \leq Y^{mpt}, \forall t, m \quad (8)$$

Затраты бюджета времени, объемы перевозок и объемы грузов неотрицательны:

$$\forall X^{mnlt}, Y^{mnplt}, Z^{mnplt}, \omega^{mnplt}, Q^{nlt}, u^{mpt}, r^{mt} \geq 0, \quad (9)$$

где  $X^{mnlt}$  - объем перевозок грузов  $n$ -го рода по  $l$ -му направлению в период  $t$  транспортными средствами  $m$ -го типа, принадлежащими предприятию (все типы транспортных средств  $m$  делятся на группы  $M_j, j = 1, J$ );

$Y^{mnplt}$  и  $Z^{mnplt}$  - объемы перевозок транспортными средствами  $m$ -го типа, арендованными у другого предприятия  $P$  для выполнения отдельных перевозок и на весь период  $t$  соответственно;

$B^{ml}$  - объем грузов  $n$ -го рода, которые транспортное предприятие должно перевезти по направлению  $l$  в заданный период времени  $[t^{nl}, t^{nl}]$ ;

$Q^{nlt}$  - остаток грузов  $n$ -го рода на  $l$ -ном направлении в период  $t(t) t^{-nl}$ ;

$\omega^{mnplt}$  - объем перевозок транспортными средствами  $m$ -го типа, сданными в аренду другому предприятию  $P$  для выполнения отдельных перевозок;

- $U^{mnt}$  - затраты бюджета времени транспортных средств, сданных в аренду другому предприятию  $P$  на период  $t$ ;
- $R^m$  - внешнеэксплуатационные затраты бюджета времени (например, на плановый ремонт), распределение которых по периодам времени  $\{r^{mt}\}$  можно регулировать;
- $D^{mnt}$  - трудоёмкость перевозки груза  $n$ -го рода по  $l$ -му направлению в период  $t$  транспортными средствами  $m$ -го типа;
- $C^{mnt}$  - доходы от перевозки единицы груза;
- $C^{mnlp}$  - эксплуатационные расходы на перевозку единицы груза и за единицу бюджета времени арендуемого транспортного средства;
- $h^{mpt}$  - эксплуатационные расходы на единицу бюджета времени транспортных средств, сдаваемых в аренду другому предприятию в период  $t$ ;
- $g^{nlt}$  - потери от невывоза груза  $n$ -го рода на  $l$ -ном направлении в период  $t$   $t^{-nt}$  (для обязательных перевозок  $g^{nlt} = \infty$ ).

Особенностью данной модели является то, что в ней существенно учитывается сезонность грузопотоков и ограничения на использование транспортных средств на отдельных направлениях перевозок в разное время года. Допускается перенос перевозки некоторых грузов на другой период времени, учитываются потери от несвоевременного вывоза грузов, обязательность некоторых из перевозок и возможность аренды транспортных средств.

Данная модель является частным случаем модели оптимизации транспортных потоков на транспортной сети одного вида транспорта, существенно упрощённой и модифицированной на основе анализа ряда реальных задач текущего и перспективного планирования перевозок. Предполагается, что в начале планового периода транспортные средства находятся в пунктах отправления грузов, а пропускная способность звеньев транспортной сети, транспортных узлов и складов не ограничена. Благодаря этому оказалось возможным: определять величину потока транспортных средств не для отдельных дуг графа, а в целом для пути от источника к стоку (называемого направлением перевозок).

При использовании данного метода были решены конкретные задачи по экономии транспортных расходов при перевозке лесных грузов. Экономия в некоторых случаях составила порядка двадцати двух миллионов расчётных билетов НБ Республики Беларусь в год на один автопоезд МАЗ-509+ГКБ-9383-011.