

УДК 65.012.123

К. О. ЗАПАДНЯ, М. В. ИВАНОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В ЛОГИСТИКЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Ставится и решается актуальная задача обоснования и выбора транспортной системы обслуживания распределенного производства в условиях гармонизации логистических потоков. Для сравнения и оценки альтернативных вариантов введены показатели, отражающие основные затраты транспортного оборудования. Оптимизация осуществляется с помощью метода целочисленного линейного программирования. Предложенный подход целесообразно использовать в задачах развития производственной системы с учетом логистических требований по минимизации издержек, связанных с транспортным обслуживанием.*

**Ключевые слова:** логистика транспортного обслуживания, минимизация затрат, оптимизация транспортного обслуживания.

### Введение

Развитие распределенного производства предполагает эффективное решение задачи транспортно-обслуживания в логистической цепи «снабжение-производство-сбыт» [1]. Большие расстояния, платные дороги и увеличивающиеся расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ), требуют оптимизации транспортного обслуживания (ТО) для минимизации транспортных издержек, как одной из основных целей и задач логистики.

Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой ставится и решается оптимизационная задача транспортного обслуживания распределенной производственной системы (РПС).

### Постановка задачи исследования

Пусть обосновано и выбрано местоположение основных технологических узлов РПС [2]. С помощью специалистов транспортного оборудования, сформировано множество возможных вариантов транспортного обслуживания –  $N$ . В качестве показателей для оценки и сравнения вариантов ТО будем использовать следующие:

$T$  – временные затраты, связанные с ТО;

$G$  – затраты на ГСМ;

$E$  – эксплуатационные расходы, связанные с обслуживанием транспортных средств;

$L$  – длительность дорог, используемых в ТО;

$D$  – затраты на ТО с учетом платных дорог.

Необходимо провести оптимизацию ТО в РПС с учетом показателей  $T, G, E, L, D$ , которые могут быть использованы как целевые функции, так и в качестве ограничений.

### Решение задачи исследования

Представим транспортную систему в виде графа, в котором вершинами являются технологические узлы РПС, а ребрами – возможные транспортные связи. Транспортную связь между  $i$ -м и  $j$ -м узлами представим с помощью матрицы входов  $VX$ , в которой на пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца стоит 1, что указывает на связь выхода  $i$ -го и входа  $j$ -го узла, либо – 0, в случае отсутствия транспортной связи,  $i \neq j, j = \overline{1, M}$ , где  $M$  – количество технологических узлов РПС.

Решение задачи оптимизации ТО проведем с использованием метода целочисленного линейного программирования. Для этого введем булеву переменную  $y_{ije} \in \{1; 0\}$ , которая  $y_{ije} = 1$ , когда существует связь между выходом  $i$ -го и входом  $j$ -го узлов и выбран  $e$ -й вариант транспортного обслуживания,  $y_{ije} = 0$  в противном случае. Значения показателей  $T, G, E, L, D$  будут зависеть от расстояния участка дороги  $b_{ije}$ , соединяющего  $i$ -й и  $j$ -й узлы и выбранного  $e$ -го варианта транспортной магистрали.

С учетом переменной  $y_{ije}$  показатели оценки ТО РПС будут выглядеть следующим образом:

$$T = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot \frac{b_{ije}}{v_{ije}},$$

где  $v_{ije}$  – усредненная скорость движения ТС между  $i$ -м и  $j$ -м технологическими узлами с учетом выбранного  $e$ -го варианта ТО.

$$G = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot g_{ije},$$

где  $g_{ije}$  – усредненные затраты на ГСМ на 1 км пути для участка транспортной магистрали, соединяющего  $i$ -й и  $j$ -й узлы РПС с учетом выбранного  $e$ -го варианта ТО.

$$E = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot r_{ije},$$

где  $r_{ije}$  – усредненные эксплуатационные затраты на 1 км пути для участка транспортной магистрали, соединяющего  $i$ -й и  $j$ -й узлы РПС с учетом выбранного  $e$ -го варианта ТО.

$$L = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot d_{ije},$$

где  $d_{ije}$  – плата за 1 км пути для участка платной дороги, соединяющей  $i$ -й и  $j$ -й узлы РПС с учетом выбранного  $e$ -го варианта ТО.

Сформируем следующие постановки для задачи оптимизации ТО РПС:

1. Необходимо минимизировать время  $T$  транспортного обслуживания в РПС:

$$T^* = \min T, T = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot \frac{b_{ije}}{v_{ije}},$$

с учетом ограничений

$$G \leq G', E \leq E', L \leq L', D \leq D',$$

где  $G', E', L', D'$  – допустимые значения показателей  $G, E, L, D$ .

2. Необходимо минимизировать затраты на ГСМ:

$$G^* = \min G = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot g_{ije},$$

с учетом ограничений

$$T \leq T', E \leq E', L \leq L', D \leq D',$$

где  $T'$  – допустимые временные затраты на ТО РПС.

3. Необходимо минимизировать эксплуатационные затраты на ТО РПС:

$$E^* = \min E, E = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot r_{ije},$$

с учетом ограничений:

$$T \leq T', G \leq G', L \leq L', D \leq D'.$$

4. Необходимо минимизировать путевые расстояния в ТО РПС:

$$L^* = \min L, L = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije},$$

с учетом ограничений:

$$T \leq T', G \leq G', E \leq E', D \leq D'.$$

5. Необходимо минимизировать затраты, связанные с использованием платных дорог в ТО РПС:

$$D^* = \min D, D = \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot d_{ije},$$

с учетом ограничений:

$$T \leq T', G \leq G', E \leq E', L \leq L'.$$

6. Рассмотрим многокритериальную постановку задачи оптимизации ТО РПС.

Введем комплексный критерий затрат для оценки вариантов ТО РПС:

$$K = \alpha_T \cdot \hat{T} + \alpha_G \cdot \hat{G} + \alpha_E \cdot \hat{E} + \alpha_L \cdot \hat{L} + \alpha_D \cdot \hat{D},$$

где  $\alpha_T + \alpha_G + \alpha_E + \alpha_L + \alpha_D = 1$  – «веса» соответствующих критериев.

$$\hat{T} = \frac{T - T^*}{T' - T^*},$$

$$\hat{G} = \frac{G - G^*}{G' - G^*},$$

$$\hat{E} = \frac{E - E^*}{E' - E^*},$$

$$\hat{L} = \frac{L - L^*}{L' - L^*},$$

$$\hat{D} = \frac{D - D^*}{D' - D^*},$$

где  $T^*, G^*, E^*, L^*, D^*$  – экстремальные значения, полученные в результате оптимизации п.1-п.5.

Необходимо минимизировать комплексный критерий затрат:

$$\begin{aligned} \min K, K &= \alpha_T \frac{T - T'}{T' - T^*} + \alpha_G \frac{G - G^*}{G' - G^*} + \\ &+ \alpha_E \frac{E - E^*}{E' - E^*} + \alpha_L \frac{L - L^*}{L' - L^*} + \alpha_D \frac{D - D^*}{D' - D^*} = \\ &= \frac{\alpha_T}{T' - T^*} \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot \frac{b_{ije}}{v_{ije}} + \\ &+ \frac{\alpha_G}{G' - G^*} \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot g_{ije} + \\ &+ \frac{\alpha_E}{E' - E^*} \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot r_{ije} + \\ &+ \frac{\alpha_L}{L' - L^*} \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} + \\ &+ \frac{\alpha_D}{D' - D^*} \sum_i \sum_j \sum_e y_{ije} \cdot b_{ije} \cdot d_{ije} \end{aligned}$$

$$\frac{\alpha_T \cdot T'}{T' - T^*} - \frac{\alpha_G \cdot G^*}{G' - G^*} - \frac{\alpha_E \cdot E^*}{E' - E^*} - \frac{\alpha_L \cdot L^*}{L' - L^*} - \frac{\alpha_D \cdot D^*}{D' - D^*},$$

с учетом ограничений

$$T \leq T', \quad G \leq G', \quad E \leq E', \quad L \leq L', \quad D \leq D'.$$

### Заключення

Предложенный подход целесообразно использовать в задачах обоснования рационального транспортного обслуживания в распределенных производственных системах, когда необходимо минимизировать издержки, связанные с транспортировкой грузов.

*Поступила в редакцию 4.11.2013, рассмотрена на редколлегии 11.12.2013*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., профессор кафедры программной инженерии И. В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ В ЛОГІСТИЦІ ОБСЛУГОВУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОГО ВИРОБНИЦТВА

*К. О. Западня, М. В. Иванов*

Ставиться й вирішується актуальна задача обґрунтування й вибору транспортної системи обслуговування розподіленого виробництва. Для порівняння й оцінки альтернативних варіантів уведено показники, що відображають основні витрати транспортного встаткування. Оптимізація здійснюється за допомогою методу цілочисельного лінійного програмування. Запропонований підхід доцільно використати в задачах розвитку виробничої системи з урахуванням логістичних вимог з мінімізації витрат, пов'язаних із транспортним обслуговуванням.

**Ключові слова:** логістика транспортного обслуговування, мінімізація витрат, оптимізація транспортного обслуговування.

## OPTIMIZATION OF TRANSPORT SYSTEMS IN LOGISTICS MAINTENANCE OF DISTRIBUTED ENTERPRISE

*K. O. Zapadnya, M. V. Ivanov*

The actual problem of justifying and choosing of the distributed enterprise transport system servicing is posed and solved. To compare and evaluate alternatives introduced indicators, which are the main costs of transport equipment. Optimization provides using the integer linear programming. The proposed approach is expedient to use in the problems of the production systems development with the requirements of the logistics to minimize the costs associated with the transport service.

**Keywords:** transport service logistics, cost minimization, transport service optimization.

**Западня Ксения Олеговна** – канд. техн. наук, науч. сотр. каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

**Иванов Михаил Валерьевич** – аспирант каф. информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

### Литература

1. *Геопространственные производственные системы. Часть 1. Анализ, моделирование, проектирование [Текст]: моногр. / В. М. Илюшко, О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, Л.Д. Греков. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 250 с.*

2. *Дубов, Ю. А. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов системы [Текст] / Ю. А. Дубов, С. И. Травкин, В. Н. Якимец. – М. : Наука, 1986. – 500 с.*