

УДК 65.012.123

К.О. ЗАПАДНЯ, М.В. ИВАНОВ

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

ВЫБОР И РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УЗЛАХ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Ставится и решается актуальная логистическая задача размещения оборудования в технологических узлах распределенной производственной системы, связанная с ее развитием и модернизацией. Для оценки затрат на модернизацию оборудования введен ряд показателей, которые в дальнейшем используются в постановках задачи оптимального размещения оборудования в технологических узлах распределенной производственной системы (РПС). Сформированы целевые функции и ограничения, которые представлены в оптимизационной задаче, которая решается с помощью линейного целочисленного программирования. Предложенный подход целесообразно использовать в задачах модернизации РПС.

Ключевые слова: логистическая производственная система, модернизация технологических узлов, оптимизация размещения оборудования, минимизация логистических издержек.

Введение

В задачах стратегического развития распределенных производственных систем (РПС) часто возникают требования по определению состава и рациональному размещению оборудования в новых или модернизируемых технологических узлах производства [1]. Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой ставится и решается логистическая задача выбора состава оборудования и его размещения в новых или модернизируемых технологических узлах РПС.

Постановка задачи исследования

Предположим, что на этапе формирования новой (реинжиниринга существующей) архитектуры РПС определена структура и множество новых и модернизируемых технологических узлов системы. С помощью экспертов был проведен анализ требований к составу технологического оборудования и сформировано множество альтернативных вариантов для размещения оборудования в технологических узлах РПС с привязкой к возможным земельным участкам. Для оценки выбора рациональных вариантов размещения оборудования введем следующие показатели: W – затраты по приобретению оборудования; Z – затраты на приобретение (аренда) участков земли; S – затраты, связанные со строительными и монтажными работами; P – показатель выпускаемой продукции; T – временные затраты на приобретение, транспортировку, строительные ра-

боты и монтаж оборудования.

Решение задачи исследования

Выбор оборудования и земельных участков для технологических узлов РПС проведем с учетом показателей W, Z, S, T, P и ограничений:

W' – допустимые затраты на приобретение оборудования;

Z' – допустимые затраты на приобретение (аренда) земельных участков;

S' – допустимые затраты, связанные с проведением строительных и монтажных работ;

T' – допустимые временные затраты на приобретение оборудования, транспортировку, строительные и монтажные работы;

P' – минимально допустимое значение показателя выпуска продукции.

Для выбора и размещения оборудования в РПС воспользуемся методом целочисленного линейного программирования [2]. Введем булеву переменную x_{ij} для выбора j -го варианта оборудования и земельного участка при формировании i -го узла РПС:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если для } i\text{-го узла РПС выбран } j\text{-ый} \\ & \text{вариант оборудования и земельный участок} \\ & \text{для его размещения;} \\ 0 & \text{- в противном случае.} \end{cases}$$

На x_{ij} накладываются следующие ограничения:

$$\sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} = 1, \text{ для всех } i=\overline{1, M},$$

где M – количество технологических узлов РПС, $j = \overline{1, n_i}$ – количество возможных вариантов по выбору оборудования и земельного участка при формировании i -го узла РПС.

Тогда, с учетом переменной x_{ij} , показатели эффективности, связанные с формированием технологических узлов РПС будут иметь следующий вид:

$$W = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot w_{ij},$$

$$Z = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot z_{ij},$$

$$S = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot s_{ij},$$

$$T = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot t_{ij},$$

$$P = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot p_{ij},$$

где w_{ij} – затраты для j -го варианта приобретения оборудования при формировании i -го узла РПС; z_{ij} – затраты для j -го варианта выбора земельного участка (приобретение, аренда) при формировании i -го узла РПС; s_{ij} – затраты для j -го варианта проведения строительных и монтажных работ при формировании i -го узла РПС; t_{ij} – временные затраты j -го варианта формирования i -го узла РПС; p_{ij} – значения показателя выпуска продукции для j -го варианта формирования (модернизации) i -го узла РПС.

Возможны следующие постановки задачи оптимизации, связанные с формированием новых и модернизацией существующих технологических узлов РПС:

1. Необходимо максимизировать показатель выпуска продукции:

$$P^* = \max P, P = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot p_{ij},$$

с учетом ограничений

$$W \leq W'; W = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot w_{ij};$$

$$Z \leq Z'; Z = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot z_{ij};$$

$$S \leq S'; S = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot s_{ij};$$

$$T \leq T'; T = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot t_{ij}.$$

2. Необходимо минимизировать временные затраты (сроки), связанные с модернизацией РПС:

$$T^* = \min T, T = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot t_{ij},$$

с учетом ограничений:

$$W \leq W'; W = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot w_{ij},$$

$$Z \leq Z'; Z = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot z_{ij},$$

$$S \leq S'; S = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot s_{ij},$$

$$P \geq P'; P = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot p_{ij}.$$

3. Необходимо минимизировать общие затраты, связанные с формированием (модернизацией) РПС:

$$R^* = \min R, R = W + Z + S = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot w_{ij} +$$

$$+ \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot z_{ij} + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot s_{ij},$$

с учетом ограничений:

$$S \leq S', W \leq W', Z \leq Z', T \leq T', P \geq P',$$

где R' – ограничение по R .

4. Многокритериальная постановка задачи. Сформируем комплексный показатель оценки затрат на модернизацию РПС:

$$B = \alpha_R \cdot \hat{R} + \alpha_T \cdot \hat{T} + \alpha_P \cdot \hat{P},$$

где $\alpha_R + \alpha_T + \alpha_P = 1$, α_i – «вес» i -го показателя, оцененный с помощью экспертов.

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

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

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

где R^* , P^* , T^* – экстремальные значения показателей R , P , T полученные в результате решения задач п.1-п.3.

Необходимо минимизировать комплексный показатель затрат на модернизацию РПС:

$$\begin{aligned}
 B^* &= \min B, \\
 B &= \alpha_R \frac{W + Z + S - R^*}{R' - R^*} + \\
 &+ \alpha_T \frac{T - T^*}{T' - T^*} + \alpha_P \frac{P^* - P}{P^* - P'} = \\
 &= \frac{\alpha_R}{R' - R^*} \left(\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot w_{ij} + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot z_{ij} + \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot s_{ij} \right) \\
 &- \frac{\alpha_R \cdot R^*}{R' - R^*} + \frac{\alpha_T}{T' - T^*} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot t_{ij} - \frac{\alpha_T \cdot T^*}{T' - T^*} + \\
 &+ \frac{\alpha_P \cdot P^*}{P^* - P'} - \frac{\alpha_P}{P^* - P'} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \cdot p_{ij},
 \end{aligned}$$

с учетом ограничений

$$W \leq W', \quad Z \leq Z', \quad S \leq S', \quad P \geq P', \quad T \leq T', \quad R \leq R'.$$

Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать в задачах стратегического развития РПС, когда необходимо оценить проведение модернизации РПС с точки зрения возможных затрат и сроков проектирования.

Литература

1. *Геопространственные производственные системы. Часть I. 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.*

Поступила в редакцию 12.08.2013, рассмотрена на редколлегии 11.09.2013

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

ВИБІР І РОЗМІЩЕННЯ ВСТАТКУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВУЗЛАХ ЛОГІСТИЧНОЇ ВИРОБНИЧОЇ СИСТЕМИ

К.О. Западня, М.В. Іванов

Ставиться та вирішується актуальна логістична задача розміщення встаткування в технологічних вузлах розподіленої виробничої системи, пов'язаної з її розвитком і модернізацією. Для оцінки витрат на модернізацію встаткування уведений ряд показників, які надалі використовуються в постановках задач оптимального розміщення встаткування в технологічних вузлах розподіленої виробничої системи (РВС). Сформовано цільові функції й обмеження, які представлено в оптимізаційній задачі за допомогою лінійного цілочисельного програмування. Запропонований підхід доцільно використати в задачах модернізації РВС.

Ключові слова: логістична виробнича система, модернізація технологічних вузлів, оптимізація розміщення встаткування, мінімізація логістичних витрат.

SELECTION AND PLACEMENT IN TECHNOLOGICAL EQUIPMENT SUPPLY UNITS OF PRODUCTION SYSTEM

K.O. Zapadnya, M.V. Ivanov

The actual logistics problem of equipment placement in process nodes of distributed production system associated with its development and modernization servicing is seted and solved. To estimate the cost of upgrading equipment introduced a number of indicators, which are used further in the performances of the optimal placement of equipment in the technological units of a distributed production system (DPS). Formed by the objective functions and constraints, which are represented in the optimization problem which is solved using a linear integer programming. The proposed approach should be used in the problems of modernization DPS.

Keywords: logistic manufacturing system, modernization of technological units, the equipment placement optimization, logistics costs minimization.

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

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