

УДК 65.012.123

**К.О. ЗАПАДНЯ, Т.Ф. МАНДРИЙЧУК***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина***ЛОГИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ ЗАКАЗОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

*В работе ставится и решается задача оценивания логистических издержек, связанных с организацией распределенного производственного процесса для выполнения перспективного портфеля заказов. Рассматриваются основные критерии для оценки логистической цепи (снабжение – производство – сбыт): финансовые затраты, длительность логистического цикла производства, качество продукции, риски организации и реализации портфеля заказов. Задача формулируется и решается в терминах целочисленного линейного программирования.*

**Ключевые слова:** *распределенный производственный комплекс, логистическая цепь производства, портфель заказов, оптимальный выбор.*

**Введение**

В логистическом управлении распределенным производственным комплексом (РПК) большое внимание уделяется процессам стратегического планирования и управления для прогнозирования на длительный период времени и выбора перспективного портфеля заказов [1]. Для оценки прибыльности портфеля заказов необходимо оценить все логистические издержки, связанные с его реализацией [2]. Поэтому актуальна предлагаемая публикация, в которой ставится и решается задача оптимального выбора портфеля заказов для РПК с учетом логистических затрат.

**Постановка задачи исследования**

Пусть на этапе перспективного планирования менеджеры, которые занимаются стратегическими задачами и программой развития компании, представили для руководства РПК возможные варианты портфеля заказов, с учетом существующих и новых потребителей продукции РПК. Ставится задача оценить затраты на всех этапах логистической цепи производства (снабжение – производство – сбыт) и затем сравнить возможные портфели заказов между собой для выбора наилучшего варианта с минимумом логистических издержек. Пусть имеется  $k = \overline{1, N}$ ,  $N$  – количество возможных вариантов портфеля заказов РПК. Для оценки каждого  $k$ -го варианта портфеля заказов необходимо ввести систему логистических критериев:

$C_k$  – финансовые затраты на организацию основного и вспомогательного производств для  $k$ -го варианта портфеля заказов;

$T_k$  – длительность логистического цикла (снабжение – производство – сбыт)  $k$ -го варианта портфеля заказов;

$Q_k$  – требуемое качество продукции для  $k$ -го варианта портфеля заказов;

$R_k$  – риски, связанные с организацией и реализацией логистической цепи (снабжение – производство – сбыт)  $k$ -го варианта портфеля заказов.

**Решение задачи исследования**

Для решения поставленной задачи, связанной с оптимальным выбором портфеля заказов, воспользуемся методом целочисленного линейного программирования.

Введем булеву переменную  $X_{ijk} = \{1, 0\}$ , значение которой  $X_{ijk} = 1$ , когда для  $k$ -го портфеля заказов и для  $j$ -го этапа логистической цепи (снабжение – производство – сбыт) выбран  $i$ -й вариант выполнения логистической операции.

Например, для снабжения, выбор варианта логистической операции связан с транспортировкой и выбором транспортного оператора (или транспортной сети).

Для производства – это выбор возможного варианта технологического процесса.

Для сбыта – это выбор варианта складирования и транспортировки.

Тогда, рассматривая  $k$ -й вариант портфеля заказов, получим следующие представления логистических критериев с учетом переменной  $X_{ijk}$ :

1. Финансовые затраты для  $k$ -го варианта портфеля заказов:

$$C_k = \sum_{i_1=1}^{n_1} X_{i_1k} \cdot C_{i_1k} + \sum_{i_2=1}^{n_2} X_{i_2k} \cdot C_{i_2k} + \sum_{i_3=1}^{n_3} X_{i_3k} \cdot C_{i_3k},$$

где  $X_{i_1k}$  – булева переменная, связанная с этапом снабжения;

$X_{i_2k}$  – булева переменная, связанная с этапом производства;

$X_{i_3k}$  – булева переменная, связанная с этапом сбыта;

$n_1$  – количество возможных вариантов организации процесса снабжения;

$n_2$  – количество возможных вариантов организации процесса производства;

$n_3$  – количество возможных вариантов организации процесса сбыта;

$C_{ijk}$  – финансовые затраты  $i$ -го варианта организации логистического процесса для  $j$ -го этапа логистической цепи и  $k$ -го варианта портфеля заказов.

Представим в компактной форме финансовые затраты, связанные с реализацией  $k$ -го варианта портфеля заказов:

$$C_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot C_{ijk}.$$

2. Длительность логистического цикла при выборе  $k$ -го варианта портфеля заказов:

$$T_k = \sum_{i_1=1}^{n_1} X_{i_1k} \cdot t_{i_1k} + \sum_{i_2=1}^{n_2} X_{i_2k} \cdot t_{i_2k} + \sum_{i_3=1}^{n_3} X_{i_3k} \cdot t_{i_3k},$$

где  $t_{ijk}$  – длительность  $i$ -го варианта логистического процесса для  $j$ -го этапа логистической цепи и  $k$ -го варианта портфеля заказов.

В компактной форме:

$$T_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot t_{ijk}.$$

3. Качество продукции для  $k$ -го варианта портфеля заказов. Будем оценивать качество  $Q_k$  в виде суммарного брака по всей логической цепи:

$$B_k = \sum_{i_1=1}^{n_1} X_{i_1k} \cdot b_{i_1k} + \sum_{i_2=1}^{n_2} X_{i_2k} \cdot b_{i_2k} + \sum_{i_3=1}^{n_3} X_{i_3k} \cdot b_{i_3k},$$

где  $b_{ijk}$  – возможный брак для  $i$ -го варианта логистического процесса, для  $j$ -го этапа логистической цепи и  $k$ -го варианта портфеля заказов.

В компактной форме:

$$B_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot b_{ijk}.$$

4. Риски, связанные с организацией и реализацией  $k$ -го варианта портфеля заказов:

$$R_k = \sum_{i_1=1}^{n_1} X_{i_1k} \cdot r_{i_1k} + \sum_{i_2=1}^{n_2} X_{i_2k} \cdot r_{i_2k} + \sum_{i_3=1}^{n_3} X_{i_3k} \cdot r_{i_3k},$$

где  $r_{ijk}$  – возможный риск организации и реализации  $i$ -го логистического процесса для  $j$ -го этапа логистической цепи и  $k$ -го варианта портфеля заказов.

Для получения оптимальных оценок по всем рассмотренным критериям необходимо провести, вначале, независимую оптимизацию каждого критерия, а затем, с помощью многокритериальной оптимизации, получить общую (компромиссную) оценку  $k$ -го варианта портфеля заказов.

1.1. Необходимо минимизировать финансовые затраты, связанные с организацией и реализацией логистических процессов для  $k$ -го варианта портфеля заказов.

$$\min C_k, C_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot C_{ijk}.$$

С учетом ограничений:

$$T_k \leq T', T_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot t_{ijk},$$

$$B_k \leq B', B_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot b_{ijk},$$

$$R_k \leq R', R_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot r_{ijk}.$$

где  $T'$  – допустимая длительность логистического цикла;

$B'$  – допустимый брак производства;

$R'$  – допустимый риск производства.

1.2. Необходимо минимизировать длительность логистического цикла для  $k$ -го варианта портфеля заказов.

$$\min T_k, T_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot t_{ijk}.$$

С учетом ограничений:

$$C_k \leq C', C_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot C_{ijk},$$

$$B_k \leq B', B_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot b_{ijk},$$

$$R_k \leq R', R_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot r_{ijk}.$$

где  $C'$  – допустимые финансовые затраты, связанные с организацией и выполнением нового портфеля заказов.

1.3. Необходимо минимизировать возможный брак продукции для  $k$ -го варианта портфеля заказов.

$$\min B_k, B_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot b_{ijk}.$$

С учетом ограничений:

$$C_k \leq C', C_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot c_{ijk},$$

$$T_k \leq T', T_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot t_{ijk},$$

$$R_k \leq R', R_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot r_{ijk}.$$

1.4. Необходимо минимизировать риск, связанный с организацией и реализацией  $k$ -го портфеля заказов.

$$R_k \leq R', R_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot r_{ijk}.$$

С учетом ограничений:

$$C_k \leq C', C_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot c_{ijk},$$

$$T_k \leq T', T_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot t_{ijk},$$

$$B_k \leq B', B_k = \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot b_{ijk}.$$

2. Многокритериальная оптимизация  $k$ -го варианта портфеля заказов. Введем комплексных критериев для оценки  $k$ -го варианта портфеля заказов:

$$W_k = \alpha_C \cdot \widehat{C}_k + \alpha_T \cdot \widehat{T}_k + \alpha_B \cdot \widehat{B}_k + \alpha_R \cdot \widehat{R}_k.$$

Здесь  $\widehat{C}_k, \widehat{T}_k, \widehat{B}_k, \widehat{R}_k$  – преобразованные критерии, переведенные, путем нормировки, в шкалу  $0 \div 1$ .

$$\widehat{C}_k = \frac{C_k - C_k^*}{C' - C_k^*}, \widehat{T}_k = \frac{T_k - T_k^*}{T' - T_k^*},$$

$$\widehat{B}_k = \frac{B_k - B_k^*}{B' - B_k^*}, \widehat{R}_k = \frac{R_k - R_k^*}{R' - R_k^*},$$

где  $C_k^*, T_k^*, B_k^*, R_k^*$  – оптимальные значения критериев, найденные при решении задач 1.1 – 1.4;

$\alpha_C, \alpha_T, \alpha_B, \alpha_R$  – «веса» (значимость) критериев  $C, T, B, R$  соответственно.

Необходимо найти минимум  $W_k$ :

$$\begin{aligned} & \min W_k, \\ & W_k = \alpha_C \frac{C_k - C_k^*}{C' - C_k^*} + \alpha_T \frac{T_k - T_k^*}{T' - T_k^*} + \\ & + \alpha_B \frac{B_k - B_k^*}{B' - B_k^*} + \alpha_R \frac{R_k - R_k^*}{R' - R_k^*} = \\ & = \frac{\alpha_C}{C' - C_k^*} \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot c_{ijk} + \frac{\alpha_T}{T' - T_k^*} \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot t_{ijk} + \\ & + \frac{\alpha_B}{B' - B_k^*} \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot b_{ijk} + \frac{\alpha_R}{R' - R_k^*} \sum_{j=1}^3 \sum_{i_j=1}^{n_j} X_{ijk} \cdot r_{ijk} - \\ & - \frac{\alpha_C \cdot C_k^*}{C' - C_k^*} - \frac{\alpha_T \cdot T_k^*}{T' - T_k^*} - \frac{\alpha_B \cdot B_k^*}{B' - B_k^*} - \frac{\alpha_R \cdot R_k^*}{R' - R_k^*}. \end{aligned}$$

Выбор оптимального портфеля заказов после исследования каждого  $k$ -го варианта и решения задач 1.1 – 1.4, 2 можно осуществить двумя способами:

1. Выделение наиболее важного критерия среди  $C, T, B, R$ . В этом случае необходимо остановиться на варианте портфеля заказов, у которого:

$$W^* = \min P_k^*,$$

где  $P_k^* = \{C_k^*, T_k^*, B_k^*, R_k^*\}, k = \overline{1, N}$ .

2. Сравнение полученных значений комплексного критерия:

$$W^* = \min W_k^*, k = \overline{1, N},$$

где  $W_k^*$  – оптимальное значение комплексного критерия для  $k$ -го варианта портфеля заказов.

## Выводы

Предложенный подход целесообразно использовать на этапе долгосрочного планирования и стратегического развития РПК, когда необходимо для выбора перспективного портфеля заказов оценить логистические издержки (снабжение – производство – сбыт), связанные с организацией и реконструкцией производства.

## Литература

1. *Геопространственный 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. Федорович, О.Е. Логистические модели Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – управления производством [Текст]: моногр. / 218 с.  
О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, А.В. Попов. – Х.:

Поступила в редакцию 14.11.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. производства радиоэлектронных систем ЛА, декан факультета радиотехнических систем ЛА В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

### ЛОГІСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ВИБІР ПЕРСПЕКТИВНОГО ПОРТФЕЛЯ ЗАМОВЛЕНЬ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНОГО ВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

*К.О. Западня, Т.Ф. Мандрийчук*

У роботі ставиться й вирішується задача оцінювання логістичних витрат, пов'язаних із організацією виробничого процесу для виконання перспективного портфелю замовлень. Розглядаються основні критерії для оцінки логістичного ланцюга (постачання – виробництво – збут), фінансові витрати, тривалість логістичного циклу виробництва, якість продукції, ризики організації та вибору портфелю замовлень. Задача формується й вирішується в термінах цілочисельного лінійного програмування.

**Ключові слова:** розподілений виробничий комплекс, логістичний ланцюг виробництва, портфель замовлень, оптимальний вибір

### LOGISTIC ANALYSIS AND SELECTION OF THE PROMISING ORDER BOOK FOR THE DISTRIBUTED MANUFACTURING COMPLEX

*K.O. Zapadnya, T.F. Mandriychuk*

The problem of estimation of the logistic expenses related to the arrangement of the distributed manufacturing process that is aimed at the execution of promising order book is stated and solved. The main criteria of estimation for logistic chain (supply – production – sale) are considered. These criteria are financial expenses, logistic manufacturing cycle durability, production quality, risks related to order boor arrangement and execution. The problem is stated and solved in terms of integer linear programming.

**Key words:** distributed manufacturing complex, logistic manufacturing chain, order book, optimal selection.

**Западня Ксенія Олеговна** – канд. техн. наук, н.с. каф. «Информационные управляющие системы», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина

**Мандрийчук Татьяна Федоровна** – инженер 1 кат. каф. «Информационные управляющие системы», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.