ББК У9(2)40

УМЕНЬШЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МАТЕРИАЛОДВИЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

© 2006 В. А. Хайтбаев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Предлагается уменьшение логистических затрат в логистической системе на основе использования балансовой модели, в которой при соблюдении баланса допускаются вариации потоков внутри системы и поступающих заказов.

Методология моделирования потоковых процессов представлена большим многообразием различных методов и моделей. Из широкого спектра разнообразных экономико-математических методов и моделей можно использовать достаточное их количество для решения задач оптимизации материалопотоков. Поскольку научным инструментарием исследования и совершенствования материалопотоков является логистика, то многообразие логистических процессов требует для их моделирования аппарата применимых экономико-математических методов [3].

В то же время исследования показывают [2], что многие процессы оптимизации (рационализации) материалопотоков с учетом их экономической и оперативной эффективности на промышленных предприятиях не поддаются моделированию с требуемой точностью, прежде всего из-за неформализуемости содержательного экономического знания. В первую очередь это относится к тем экономическим объектам, где важны проблемы улучшения параметров потоковых процессов: промышленным предприятиям, холдингам, отраслям, межотраслевым объединениям. В то же время именно в этой плоскости лежит множество актуальных экономических проблем управления потоковыми процессами.

Не претендуя на полноту анализа, приведем по итогам экспертного изучения некоторых методов и результатов их применения, описанных в литературных источниках, оценку их адекватности для оптимизации потоковых процессов по нескольким выбранным критериям (таблица 1) [4, 1, 5]. Все вышесказанное, а также результаты анализа, приведенные в таблице 1, приводят к целесообразности моделирования логистических процессов материалопотоков на основе модификации балансовых моделей и метода линейного программирования. Дадим характеристику названным моделям с позиции эффективности их использования при управлении материалопотоками.

Балансовые модели, как статические, так и динамические, широко применяются при экономико-математическом моделировании экономических систем и процессов [5]. В основе создания этих моделей лежит балансовый метод, т. е. метод взаимного сопоставления имеющихся материальных, трудовых и финансовых ресурсов и потребностей в них.

Новизна идеи использования балансовых моделей заключается в том, что нами предложен подход, который при соблюдении баланса допускает вариации потоков внутри логистической системы, а также поступающих заказов извне с целью минимизации суммарных логистических затрат.

Особенность балансовых моделей как метода оптимизации экономических процессов позволяет сделать вывод о принципиальной пригодности данного подхода к анализу и совершенствованию потоковых процессов, но с учетом их адаптации к объекту исследования.

Различают несколько основных разновидностей балансовых моделей. Статичная, т. е. такая, в которой все зависимости отнесены к одному моменту времени. В отличие от статических динамические модели призваны отразить не состояние, а процессы разви-

Таблица 1. Критериальный анализ методов оптимизации материалопотоков

Критерии / Модели*	Пригодность для моделирования потоков	Универсальность	Моделирование логистических затрат	Моделирование временных параметров	Использование готовых программ	Моделирование структур логистики	Возможность модификации для планирования
1.Графы	+	++	+	--	++	+++	+
2.СУЗ	+	+++	++	++	+	--	+
3.СМО	+	++	+	++	+	++	--
4.СПУ	+	+	+	++	+++	+	+++
5.ДП	++	++	++	--	+	+	+++
6.ЭМ	--	++	+++	++	+++	--	+
7.Игры	--	++	--	--	+	+	+
8.ЛП	+++	+++	+	+	+++	++	+++
9.БМ	+++	++	++	--	++	+	+++

В таблице указаны: — - невозможность реализации критерия; + - низкая степень реализации критерия; ++ - приемлемая степень реализации критерия; +++ - высокая степень реализации критерия.
* СУЗ – системы управления запасами; СМО – системы массового обслуживания; СПУ – сетевое планирование и управление; ДП – динамическое программирование; ЭМ – эконометрические модели; ЛП – линейное программирование; БМ – балансовые модели.

тия, динамику изменений в распределении и перераспределении материалопотоков, установить непосредственную взаимосвязь между предыдущими и последующими этапами развития и тем самым приблизить анализ на основе экономико-математической модели к реальным условиям развития экономической системы.

Решение динамической системы линейных уравнений позволяет определить выпуск продукции в последующем периоде в зависимости от уровня, достигнутого в предыдущем периоде. Более того, перераспределяя при необходимости потоки, возможно изменять затраты и определять влияние изменений этих затрат на выпуск продукции в текущем периоде и прогнозировать аналогичные показатели на будущие периоды. Анализ классических балансовых моделей с учетом затрат (значительная их доля приходится на логистику) показывает, что они характеризуют процессы движения материалопотоков в виде соответствующих систем линейных алгебраических или дифференциальных (разностных) уравнений.

Вместе с тем, в соответствии с описанными моделями логистические затраты являются функциями от величин потоков, и поэтому общие логистические затраты в таких моделях изменяются пропорционально изменениям этих потоков. Следовательно, для уменьшения общих логистических затрат необходима модификация данных моделей путем придания им некоторой степени свободы.

Величины валового выпуска и величины межпроизводственных потоков находятся однозначно, так как являются единственным решением системы алгебраических или дифференциальных уравнений. Логистические затраты являются функциями от величин потоков x_{ij}, и поэтому общие логистические затраты в таких моделях зависят от этих величин. Однако уменьшение указанных затрат является главной задачей. Одним из способов уменьшения общих логистических затрат может быть использование некоторой степени свободы модели, а именно, вариация величин заказов Y_i и (или) величин потоков X_{ij}. Рассмотрим некоторые постановки задач оптимизации общих логистических затрат на основе применения балансовых моделей и метода линейного программирования.

Оптимизация логистических затрат путем вариации заказов при сохранении межпроизводственного баланса. Так предприятия, работающие в условиях межпроизводственных связей, имеют величины валовых выпусков X_i и межпроизводственных потоков X_{ij} в соответствии с моделью статического баланса.

Коэффициентами при X_i являются коэффициенты прямых производственных затрат a_{ij}. Величины потоков межпроизводственных связей X_{ij} определяются как $X_{ij} = a_{ij} X_i$.

Обозначим через D_{ij} удельные логистические затраты на единицу потока между предприятием i и j, через S_i – удельные затраты на распределение заказов Y_i. Тогда общие логистические затраты выражаются в виде

$$D = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} D_{ij} X_{ij} + S_i Y_i = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} D_{ij} a_{ij} X_i + S_i Y_i = \\ = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} D_{ij} a_{ij}\right) X_i + \sum_{j=1}^{m} S_i Y_i . \tag{1}$$

Назовем величины

$$C_i = \sum_{j=1}^{m} D_{ij} a_{ij} \tag{2}$$

приведенными удельными логистическими затратами i-го предприятия.

Тогда общие затраты выражаются как функция от X_i и Y_i в виде

$$D = \sum_{j=1}^{m} C_i X_i + S_i Y_i . \tag{3}$$

Уменьшить общие логистические затраты возможно следующим образом. Если заказы предприятий Y_i строго заданы, то при сохранении производственного баланса общие логистические затраты (при заданных D_{ij} и S_i) постоянны. Следовательно, их уменьшение возможно только:

- при вариации заказов Yi;

- при вариации потоков X_{ij}, что равносильно вариации коэффициентов прямых затрат a_{ij}.

Рассмотрим первый случай.

Пусть все множество предприятий можно разбить на подмножества предприятий, выпускающих однородную продукцию. Это значит, что можно изменять заказы некоторых предприятий при условии выполнения некоторых ограничений. Например: Y_1 и Y_2 можно менять, но $(Y_1 + Y_2)$ – задано, и т. п.

В этом случае получаем математическую модель в виде задачи линейного программирования, решая которую, можно минимизировать общие логистические затраты, а именно: найти такие X_i и Y_i, которые минимизируют (1) при условии выполнении баланса и дополнительных ограничений:

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i = G_l , \tag{4}$$

где G_i – количество продукции i-го типа

Заметим, что величина, на которую можно улучшить D, зависит от соотношения между X_i и Y_i, а также от вида ограничений (4) и степени различия удельных затрат C_i и S_i. Этот вопрос решается путем проведения экспериментов с тестовыми задачами.

<u>Оптимизация общих логистических затрат путем вариации величин потоков</u>. Рассмотрим производственную сеть, в которой потоки между предприятиями X_{ij} могут варьироваться в некоторых пределах, обеспечивая лишь общие объемы передачи продукции. Такая ситуация характерна в случае, когда сами предприятия не имеют постоянной структуры межпроизводственного баланса. Это могут быть склады и базы, транспортные узлы, или же в самих предприятиях нет необходимости строгой пропорциональности поступающей продукции других предприятий. Сказанное означает, что в системе уравнений статического межпроизводственного баланса коэффициенты прямых затрат a_{ij} не являются постоянными, а могут варьироваться.

Тогда условия баланса нельзя свести только к величинам валового выпуска X_i, и необходимо рассматривать баланс непосредственно с величинами потоков X_{ij}:

$$X_i = \sum_{i=1}^{n} X_{ij} + Y_i , \qquad i = \overline{1,n}. \tag{5}$$

Пусть заданы величины заказов Y_i и величины удельных логистических затрат D_{ij}. Тогда можно поставить задачу определения валовых выпусков X_i и величин потоков X_{ij}, которые при выполнении баланса (5) минимизируют общие логистические затраты D. На величины потоков могут быть наложены ограничения, связанные с общим количеством продукции, передаваемой в i-е предприятие:

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij} = b_i, \qquad i = \overline{1,n}, \tag{6}$$

а также могут присутствовать ограничения на пропускную способность направления $(i\, j)$ и другие ограничения:

$$X_{ij} < p_{ij}. \tag{7}$$

<u>Исследование метода вариации заказов и потоков для оптимизации логистических затрат</u>. Выше была показана сама нетривиальность метода вариации заказов и потоков для решения задачи оптимизации логистических затрат. Рассмотрим границы возможностей оптимизации, вытекающие из сущности построенных моделей.

В уравнениях статического баланса

$$X_i = \sum_{j=1}^{m} X_{ij} + Y_i, \qquad i = \overline{1,n}$$

или $X_i = \sum_{j=1}^{m} a_{ij} X_j + Y_i, \qquad i = \overline{1,n}$.

С каждым потоком по дуге ij связаны некоторые <u>потери</u> d_{ij}, пропорциональные X_{ij}. Тогда $D_{ij} = d_{ij} X_{ij}$ - потери на дуге ij. Рассмотрим следующую задачу выбора оптимального логистического процесса производства, накопления и передачи продуктов.
Необходимо минимизировать потери

$$D = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} d_{ij} a_{ij} X_i \longrightarrow \min \tag{8}$$

при выполнении баланса производства

$$X_i = \sum_{j=1}^{m} a_{ij} X_j + Y_i, \qquad i = \overline{1,n} \tag{9}$$

за счет вариации некоторых значений $Y_i, i = \overline{1,n}$.

Заметим, что если задать все n значений Y_i (план выпуска товарной продукции), то система линейных уравнений для n переменных X_i и n уравнений имеет единственное решение, т. е. заданному плану $Y_i, i = \overline{1,n}$ соответствует единственный план выпуска валовой продукции X_i и, соответственно, величины потоков X_{ij}.

Проанализируем, как увеличение степени свободы переменных в модели приводит к возможности оптимизировать логистические затраты. Разобьем все множество $Y = (Y_1, Y_2, \ldots, Y_n)$ на подмножества индексов, каждое из которых соответствует некоторой однородной взаимозаменяемой (или даже одинаковой) продукции:

$$Y = (\underbrace{Y_1, Y_2, Y_3}_{\lambda=1}, \underbrace{Y_4, Y_5}_{\lambda=2}, \underbrace{Y_6, \ldots}_{\lambda=3}, \ldots, \underbrace{Y_n}_{\lambda=N}) .$$

В этом случае можно варьировать величинами Y_i внутри множества так, чтобы выполнялось условие $\sum_{i \in l} Y_i = c_l$, т.е. чтобы в сумме количество товарной продукции l-l-го вида было в заданном количестве c_l. Таким образом, в задаче (9) необходимо считать Y_i переменными, которые удовлетворяют дополнительным ограничениям

$$\sum_{i \in l} Y_i = c_l, \qquad l = \overline{1,N} . \tag{10}$$

Покажем, что и для динамической модели баланса возможен подобный подход (вариации заказов и потоков). Сумма потоков капиталовложений и конечного продукта динамической модели равна конечной продукции статического баланса:

$$\sum_{j=1}^{m} \Delta\Phi_{ij} + Y_i' = Y_i. \tag{11}$$

Поэтому система уравнений в динамическом балансе имеет вид:

$$X_i = \sum_{j=1}^{m} X_{ij} + \sum_{j=1}^{n} \Delta\Phi_{ij} + Y_i',$$

$$X_{ij} = a_{ij} X_i .$$

Межотраслевые потоки капитальных вложений связаны не со всей величиной выпуска X_i, а обусловливают прирост продукции: $\Delta X_j = X_j^{(t)} - X_j^{(t-1)}$, где t – текущий момент времени, $(t-1)$ – предшествующий момент времени. Будем считать связь прироста продукции и прироста производственных фондов линейной:

$$\Delta\Phi_{ij} = j_{ij}\Delta X_j, \qquad i, j = \overline{1,n},$$

где $j_{ij} = \dfrac{\Delta\Phi_{ij}}{\Delta X_j}$ - коэффициент вложений, который показывает, какое количество продукции i-го предприятия должно быть вложено в j-ое предприятие для увеличения производственной мощности определенной отрасли на единицу продукции. Тогда

$$X_i = \sum_{j=1}^{m} a_{ij} X_j + \sum_{j=1}^{m} j_{ij}\Delta X_j + Y_i'$$

или, введя $\Delta X_j = X_j^{(t)} - X_j^{(t-1)}$,

$$X_i^{(t)} = \sum_{j=1}^{m} (a_{ij} + j_{ij}) X_j^{(t)} - \sum_{j=1}^{m} j_{ij} X_j^{(t-1)} + Y_i'^{(t)},$$
$i = \overline{1,n}$.

Таким образом, если задать величины $X_j^{(t-1)}$ и $Y_i'^{(t)}$, то можно получить $X_i^{(t)}$, решая систему из n уравнений с n неизвестными (полная аналогия со статической моделью):

$$\underbrace{X_i}_{\text{неизв.}} = \sum_{j=1}^{m} c_{ij} \underbrace{X_j}_{\text{неизв.}} - \underbrace{q_i}_{\text{известные}}.$$

Для оптимизации логистической задачи по минимизации общих потерь необходимо для каждого будущего периода t задаваться величинами $X_j^{(t-1)}$ (валовые выпуски прошлого периода) и варьировать величины конечной продукции Y_i с наложением ограничений типа

$$\sum_{i\in l} Y_i = c_l, \qquad l = \overline{1,N}.$$

Таким образом, в рамках межпроизводственного баланса можно решать разнообразные оптимизационные логистические задачи. Для этого необходимо обосновать модель ограничений, вытекающую из конкретных особенностей производственных связей, а также возможности объединения предприятий в однородные группы. Переход от статической модели к динамической не исключает возможности оптимизации логистических затрат при вышеуказанном подходе.

Рассмотрим реальную задачу математического моделирования сети промышленных предприятий, выпускающих однотипную продукцию и связанных межпроизводственными потоками. В оптимизационный полигон вошли следующие предприятия промышленности Самарской области (рис. 1).

Первые четыре предприятия осуществляют производство изделий и связаны друг с другом поставками комплектующих. РЦ-1 и РЦ-2 осуществляют прием, консолидацию, хранение и отправку изделий гражданским потребителям и поставку специзделий в силовые структуры.

Основные экономические показатели по продукции государственного заказа в млн. рублей приведены в таблице 2. Пренебрегаем внутрипроизводственными связями, поэтому $X_{ij} = 0; i = \overline{1,4}$. Так как поступление продукции из РЦ-1 и РЦ-2 на предприятия не осуществляется, то отсюда следует, что

$$X_{5j} = 0;\ j = 1,2,3,4,6.$$

$$X_{6j} = 0;\ j = 1,2,3,4,5.$$

Данные межпроизводственного баланса объединения за 2005 год приведены в таблице 3. Здесь элементами матрицы 6 х 6 являются величины потоков в денежном выражении между соответствующими предприятиями, Y_i – величины товарной продукции – заказы, а X_i – величины валовой продукции.

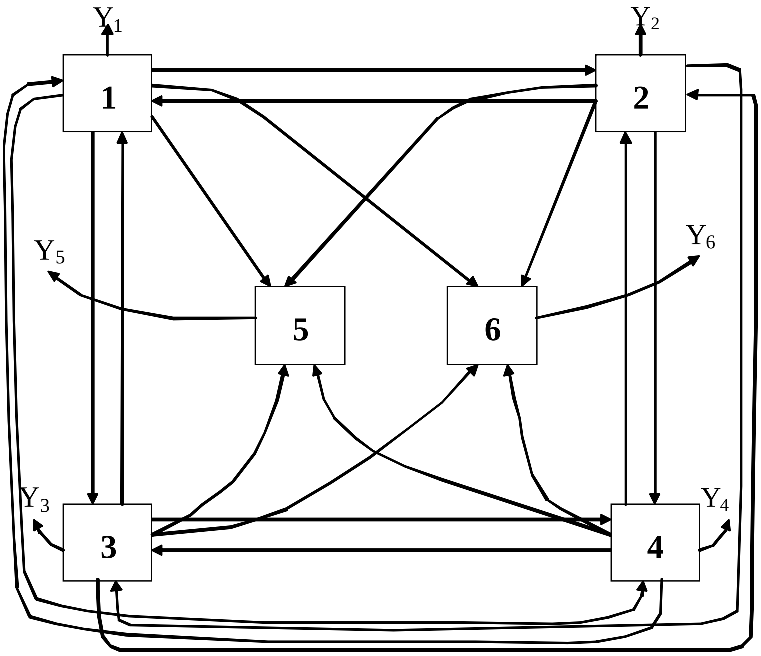

Рис. 1. Организация материалодвижения в исследуемой экономической системе

1. *Завод им. Масленникова (Самара) – ЗИМ.*
2. *Самарский электромеханический завод (Самара) – СЭМЗ.*
3. *Завод «Металлист», г.Чапаевск (Самарскя область) – Металлист.*
4. *Завод «Промсинтез», г. Чапаевск (Самарская область) – Промсинтез.*
5. *Распределительный центр «Оренбург» - РЦ-1.*
6. *Распределительный центр «Челябинск» - РЦ-2.*

Матрица коэффициентов прямых затрат подсчитывается делением потоков на валовой выпуск. Используя эту матрицу, можно записать систему уравнений статического баланса:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0{,}0085 & 0{,}0092 & 0{,}0070 & 0{,}2815 & 0{,}2282 \\ 0{,}0162 & 0 & 0{,}1318 & 0{,}0465 & 0{,}3178 & 0{,}3403 \\ 0{,}0667 & 0 & 0 & 0{,}0778 & 0{,}1500 & 0{,}2500 \\ 0{,}0328 & 0{,}0390 & 0 & 0 & 0{,}1250 & 0{,}3047 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\begin{cases} X_1 = \sum_{j=1}^{6} a_{1j} X_j + Y_1, \\ X_2 = \sum_{j=1}^{6} a_{2j} X_j + Y_2, \\ X_3 = \sum_{j=1}^{6} a_{3j} X_j + Y_3, \\ X_4 = \sum_{j=1}^{6} a_{4j} X_j + Y_4, \\ X_5 = Y_5, \\ X_6 = Y_6. \end{cases}$$

Таблица 2. Экономические показатели ГОЗ (млн. руб.)

Предприятия	**2001год**	**2002 год**	**2003 год**	**2004 год**	**2005 год**
ЗИМ, Самара	345,564	350,127	312,148	360,725	412,145
СЭМЗ, Самара	98,454	110,178	105,243	119,378	128,730
Металлист, Чапаевск	97,122	135,041	99,8	189,2	180,4
Промсинтез, Чапаевск	110,148	115,447	94,3	125,6	128,8
РЦ-1, Оренбург	305,0	310,4	284,7	318,7	350,7
РЦ-2, Челябинск	278,0	285,4	221,4	250,4	272,4

По заданным величинам заказов Y_i можно найти все X_i.

Зададим матрицу удельных логистических затрат D_{ij}. Они зависят от расстояния между пунктами *i* и *j*, вида транспорта и других факторов, тормозящих продвижение продукции:

$$D = \begin{pmatrix} 0 & 0{,}12 & 0{,}2 & 0{,}3 & 1{,}4 & 1{,}8 \\ 0{,}12 & 0 & 0{,}3 & 0{,}3 & 1{,}42 & 2{,}1 \\ 0{,}2 & 0{,}3 & 0 & 0{,}11 & 1{,}4 & 1{,}8 \\ 0{,}3 & 0{,}3 & 0{,}11 & 0 & 1{,}5 & 2{,}4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Затраты на распределение продукции, хранящейся в РЦ-1 и РЦ-2, оцениваются как 15 % от стоимости, поэтому $S_j = 0.15$. Поставим задачу рассчитать X_i, чтобы общие логистические затраты

$$D = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} a_{ij} D_{ij} X_i + S_i Y_i \to \min . \qquad (12)$$

В условиях баланса межпроизводственных отношений

$$\begin{cases} X_1 = \sum\limits_{j=1}^{6} a_{1j} X_j + Y_1, \\ X_2 = \sum\limits_{j=1}^{6} a_{2j} X_j + Y_2, \\ X_3 = \sum\limits_{j=1}^{6} a_{3j} X_j + Y_3, \\ X_4 = \sum\limits_{j=1}^{6} a_{4j} X_j + Y_4, \\ X_5 = Y_5, \\ X_6 = Y_6 \end{cases} \qquad (13)$$

и вариации заказов

$$\begin{cases} X_1 = 0{,}0085 X_2 + 0{,}0092 X_3 + 0{,}0070 X_4 + \\ \quad + 0{,}2815 X_5 + 0{,}2282 X_6 + Y_1, \\ X_2 = 0{,}0162 X_1 + 0{,}1318 X_3 + 0{,}0465 X_4 + \\ \quad + 0{,}3178 X_5 + 0{,}3403 X_6 + Y_2, \\ X_3 = 0{,}0667 X_1 + 0{,}0778 X_4 + 0{,}15 X_5 + \\ \quad + 0{,}25 X_6 + Y_3, \\ X_4 = 0{,}0328 X_1 + 0{,}039 X_2 + 0{,}1250 X_5 + \\ \quad + 0{,}3047 X_6 + Y_4, \\ X_5 = Y_5, \\ X_6 = Y_6. \end{cases} \qquad (14)$$

Считаем заказы Y_j произвольными, но удовлетворяющими следующим условиям:

- 1-е и 3-е предприятия делают однотипную продукцию (типа 1);

- 2-е и 4-е предприятия делают однотипную продукцию (типа 2).

$$\begin{cases} Y_5 + Y_6 = 623 \text{ - запасы на складе} \\ \text{в сумме должны быть равны 623}, \\ Y_1 + Y_3 = 273{,}8 \text{ - изделий типа 1} \\ \text{должно быть } 273{,}8, \\ Y_2 + Y_4 = 107{,}7 \text{ - общий заказ} \\ \text{на изделия типа 2 должен быть } 107{,}7. \end{cases} \qquad (15)$$

Общее количество переменных(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6) – *n* = 12. Количество уравнений *m* = 9. Итак, получаем задачу:

D = 0,80982X_1+1,22134X_2 +0,681898X_3+ + 0,94032X_4 + 0,15 (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + + Y_6) ➔ min при выполнении (14) и (15).

Решение этой задачи с использованием пакета прикладных программ для ЛП дает:

X_1 = 194,68; X_2 = 235,71; X_3 = 356,57; X_4 = = 185,27; X_5 = 623; X_6 = 0;

Y_1 = 0; Y_2 = 0; Y_3 = 273,8; Y_4 = 107,7; Y_5 = = 623; Y_6 = 0;

D min = 1005,616 (без оптимизации затраты бы составили *D* = 1238,2013).

Решение получено за 13 итераций симплекс-метода:

Таблица 3

	1	2	3	4	5	6	Y_i	X_i
1	0	3,5	3,8	2,9	116	94	191,8	412
2	2,1	0	17	6	41	19	43,9	128
3	12	0	0	14	27	45	82	180
4	4,2	5	0	0	16	39	63,8	128
5	0	0	0	0	0	0	351	351
6	0	0	0	0	0	0	272	272

$$\begin{cases} Y_5 + Y_6 = 700, \\ Y_1 + Y_3 = 300, \\ Y_2 + Y_4 = 150. \end{cases}$$

Если вместо (15) взять другие (новые) величины общих заказов, то получаем следующее решение:

X_1 = 218,99; X_2 = 265,8310; X_3 = 395,91; X_4 = 237,20; X_5 = 700; X_6 = 0;

Y_1 = 0; Y_2 = 0; Y_3 = 300; Y_4 = 150; Y_5 = 700; Y_6 = 0;

$D\ min$ = 1157,231 тыс. руб. (без оптимизации затраты были бы D = 1356,201 тыс. руб.). В результате проведенных расчетов использование предложенной модели позволяет уменьшить затраты на логистику на 198,971 тыс. руб.

Таким образом, совокупное снижение логистических затрат в системе, состоящей из четырех предприятий и двух распределительных центров, составляет 14,6 %, уменьшение общих затрат при внедрении данной модели - 18,3 %.

Список литературы

1. Вагнер Г. Основы исследования операций. В 3-х книгах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1972.

2. Григорьев Ю. П. Методологические основы совершенствования системы материального обеспечения войск в условиях переходных процессов. - СПб.: ВАТТ, 1999.

3. Основы логистики/ Под ред. Миротина Л. Б. и Сергеева В. И. – М.: ИНФРА, 1999.

4. Таха Х. Введение в исследование операций. В 2-х книгах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1972.

5. Федосеев В. В. Экономико-математические методы и прикладные модели. - М.: ЮНИТИ, 1999.

REDUCING LOGISTIC EXPENDITURES ON THE BASIS OF MODELLING MATERIALS MOVEMENT PROCESSES AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

© 2006 V. A. Khaitbayev

Samara State Aerospace University

The author suggests reducing logistic expenditures in a logistic system on the basis of using a balance model which allows for variations of flows inside the system and incoming orders while maintaining the balance.