

УДК 005.932

О.А. Полякова, Л.А. Самбурский**O.A. Polyakova, L.A. Samburskiy**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**КОМПЛЕКСНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ КОМПАНИИ
ПРИ ЗАКУПКЕ И ДОСТАВКЕ ПРОДУКТОВ****COMPLEX OPTIMIZATION OF THE COMPANY
EXPENDITURES AT THE TIME THE PURCHASE
AND DELIVERY OF PRODUCTS**

Оптимизация затрат является неотъемлемой составляющей успешной работы любой компании. На крупных и средних предприятиях создаются и развиваются собственные решения по оптимизации затрат в области закупок и доставки продукции, однако компании – представители малого бизнеса не обладают достаточными средствами и возможностями. Для решения данной проблемы разработано программное решение по проведению комплексной оптимизации затрат предприятия по закупке и доставке продукции на основе разработанных математических моделей расчета затрат при закупке, доставке продукции, а также общей математической модели минимизации суммы затрат. Продемонстрирован упрощенный пример составленного плана закупок как результата работы программы в области закупки продукции.

Ключевые слова: комплексная оптимизация затрат, продукция, модель экономического размера заказа, транспортная модель, оптимальный план закупок, оптимальный план доставки.

Optimization of expenditures is an integral part of successful work any company. In large and medium-sized enterprises is carried out creation and development own solutions for optimization of expenditures at the time the purchasing and deliveries of production, but the companies in the sphere of small businesses do not have enough resources and capabilities. For the decision of this problem was developed a software solution for carrying out complex optimization the company expenditures, in the sphere the purchase and delivery of products, based on of developed mathematical models for calculating of the purchase costs, delivery of products and general mathematical model of minimization the amount of costs. A simplified example of composed purchases plan was demonstrated as a result of the work program in the field of products purchase.

Keywords: complex optimization of expenditures, products, model of economical size order, transport model, optimal plan of purchases, optimal plan of deliveries.

Эффективная оптимизация затрат производства является неотъемлемой составляющей успешной работы и развития любого предприятия. Она позволяет сократить издержки производства и обеспечить его стабильную и экономически рентабельную деятельность [1–4]. Для того чтобы решить задачу

оптимизации затрат на предприятии используются уже существующие или разрабатываются новые методики и алгоритмы, которые впоследствии и применяются. Выбор наиболее подходящего из алгоритмов определяется степенью оптимизации производительности и сокращения издержек предприятия. Алгоритмы составления оптимального плана закупок и доставок решают задачи эффективного управления запасами предприятия [5]. В зависимости от условий задачи используются разные модели управления запасами, а также транспортные модели, которые позволяют определить суммарные затраты предприятия [5–7]. Однако данные решения существуют в основном для крупных предприятий. У компаний, работающих в сфере малого бизнеса, нет возможности проводить исследования и развивать свои собственные решения, а покупка готовых будет обходиться дорого, а также не будет известна способность готового универсального программного обеспечения решить задачу компании по проведению комплексной оптимизации затрат при оптимальной закупке и доставке продуктов [8].

Для выполнения комплексной оптимизации затрат компании в разработанном программном решении заполняется список доступных поставщиков с имеющейся у них продукцией, потребителей, заказов и проводится комбинация результатов оптимизаций, проводимых отдельно при закупке и доставке продуктов компанией, рассчитывается и выявляется наименьшая общая суммарная стоимость закупки и доставки в отношении потребителей и поставщиков.

В основе оптимизации закупок используется модель экономичного размера заказа с разрывами цен. Рассматриваемая математическая модель включает в себя следующие параметры:

- k – затраты на оформление, связанные с размещением заказа;
- h – затраты на хранение (затраты на единицу складированной продукции в единицу времени);
- P – потери от дефицита запаса;
- y – весь объем заказа (количество единиц продукции);
- y_1 – объем заказываемой продукции у 1-го поставщика (количество единиц);
- y_2 – объем заказываемой продукции у 2-го поставщика (количество единиц);
- q_1 – объем доступной продукции у 1-го поставщика;
- q_2 – объем доступной продукции у 2-го поставщика;
- D – интенсивность спроса (измеряется в единицах продукции на единицу времени);
- t_0 – продолжительность цикла заказа (измеряется во временных единицах);
- g_i – смещение конкретного продукта у предприятия;
- f_i – текущее имеющееся количество продукта у i -го поставщика;

- d – количество дней в месяце;
- p – количество пополнения.

Так как производится закупка товара у нескольких поставщиков, отметим в качестве $TCU_1(y_1)$ и $TCU_2(y_2)$ затраты при покупке у 1 и 2-го поставщика в отдельности соответственно, а в качестве $TCU(y)$ – суммарные, общие затраты, которые терпит производство при покупке материалов (их необходимо минимизировать). Затраты у каждого поставщика суммируются из следующих затрат, где i – номер поставщика:

- Dc_i – затраты на приобретение материалов;
- $\frac{K_i D_i}{y_i}$ – затраты на оформление заказа;
- $\frac{h}{2} y_i$ – затраты на хранение материала.

Исходя из возможностей каждого поставщика, добавляются также условия на максимальное количество возможного заказываемого товара предприятием, которым располагает поставщик $0 < q_i \leq j_i$, и предоставление скидки при определенном количестве заказываемых товаров:

$$\begin{cases} c_i, & 0 < y_i \leq q_i, \\ c_i, & y_i > q_i. \end{cases}$$

Расчет общих затрат при взаимодействии с несколькими поставщиками приведен ниже:

$$TCU(y) = \begin{cases} TCU_1(y_1) = \begin{cases} TCU_{11}(y_1) = D_1 c_{11} + \frac{K_1 D_1}{y_1} + \frac{h}{2} y_1 + P, & 0 < y_1 \leq q_1, 0 < q_1 \leq j_1, \\ TCU_{12}(y_1) = D_1 c_{12} + \frac{K_1 D_1}{y_1} + \frac{h}{2} y_1 + P, & y_1 > q_1, 0 < q_1 \leq j_1; \end{cases} \\ TCU_2(y_2) = \begin{cases} TCU_{21}(y_2) = D_2 c_{21} + \frac{K_2 D_2}{y_2} + \frac{h}{2} y_2 + P, & 0 < y_2 \leq q_2, 0 < q_2 \leq j_2, \\ TCU_{22}(y_2) = D_2 c_{22} + \frac{K_2 D_2}{y_2} + \frac{h}{2} y_2 + P, & y_2 > q_2, 0 < q_2 \leq j_2; \end{cases} \\ \dots \\ TCU_n(y_n) = \begin{cases} TCU_{n_1}(y_n) = D_n c_{n_1} + \frac{K_n D_n}{y_n} + \frac{h}{2} y_n + P, & 0 < y_n \leq q_n, 0 < q_n \leq j_n, \\ TCU_{n_2}(y_n) = D_n c_{n_2} + \frac{K_n D_n}{y_n} + \frac{h}{2} y_n + P, & y_n > q_n, 0 < q_n \leq j_n. \end{cases} \end{cases}$$

Чтобы определить оптимальный план закупок у поставщиков, внесем в систему уравнений приведенные к минимуму общие затраты и расчет общего количества требуемых материалов как сумму требуемых материалов у каждого поставщика в отдельности:

$$\begin{cases} TCU(y) \rightarrow \min, \\ y = y_1 + y_2 + \dots + y_n. \end{cases}$$

При комплексной оптимизации, кроме рассчитанной TCU_i , по конкретному поставщику проведен анализ общей стоимости доставки от него транспортом.

Учитывая строгость требований, в рамках которых можно использовать существующие и наиболее известные методы решения транспортных задач, стало необходимо разработать собственный метод решения поставленной задачи. Метод позволяет менять общую стоимость в зависимости от длины маршрута до конкретного поставщика, а также от количества транспорта и характеристики самого транспорта. Приведем основной список параметров, которые включает представленная ниже математическая модель:

- k – тип принадлежности транспортного ресурса (0 – транспорт компании-заказчика, 1 – транспорт поставщика);
- l – длина пути (измеряется в км);
- n – стоимость расходов на ресурс поставщика при прохождении 1-го км;
- p – стоимость расходов на ресурс компании-заказчика по истечении 1-го ч;
- y_i – часть общего объема перевозимой продукции одним транспортным средством (измеряется в кг);

- q_{\max} – максимальная вместимость транспортного средства (измеряется в кг).

Поскольку производится доставка товара некоторым количеством транспорта, отметим в качестве и $AllCost_1(l)$ и $AllCost_2(l)$ соответственно затраты при доставке материала соответственно от 1 и 2-го транспортного средства, а под $AllCost(l)$ – суммарные общие затраты при доставке одного продукта от одного поставщика, которые и необходимо минимизировать. Затраты у каждого транспортного ресурса суммируются из следующих затрат, где i – номер транспортного средства:

- $l \cdot n_i$ – затраты на доставку части материала при использовании транспортного ресурса поставщика;

- $\frac{l}{v_i} p_i$ – затраты на доставку части материала при использовании транспортного ресурса компании-заказчика.

Исходя из возможностей каждого транспортного средства, добавляются условия на максимальное количество возможно перевозимого товара, которым располагает поставщик $0 < y_i \leq q_{\max i}$.

Расчет затрат при использовании нескольких транспортных средств приведен ниже:

$$\text{AllCost}(l) = \left\{ \begin{array}{l} \text{AllCost}_1(l) = \left\{ \begin{array}{l} \text{AllCost}_{11}(l) = l \cdot n_1, k = 1, 0 < y_1 \leq q_{\max 1}, \\ \text{AllCost}_{12}(l) = \frac{l}{v_1} p_1, k = 0, 0 < y_1 \leq q_{\max 1}; \end{array} \right. \\ \text{AllCost}_2(l) = \left\{ \begin{array}{l} \text{AllCost}_{21}(l) = l \cdot n_2, k = 1, 0 < y_2 \leq q_{\max 2}, \\ \text{AllCost}_{22}(l) = \frac{l}{v_2} p_2, k = 0, 0 < y_2 \leq q_{\max 2}; \end{array} \right. \\ \dots \\ \text{AllCost}_n(l) = \left\{ \begin{array}{l} \text{AllCost}_{n1}(l) = l \cdot n_n, k = 1, 0 < y_n \leq q_{\max n}, \\ \text{AllCost}_{n2}(l) = \frac{l}{v_n} p_n, k = 0, 0 < y_n \leq q_{\max n}. \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Чтобы определить оптимальный план доставок от поставщика, внесем в систему уравнений приведенные к минимуму затраты на доставку, расчет общего количества перевозимого материала, расчет общей вместимости всех транспортных средств, которая должна быть больше или равна общему количеству требуемого перевозимого материала:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{AllCost}(l) \rightarrow \min, \\ y = y_1 + y_2 + \dots + y_n, \\ q_{\max} = q_{\max 1} + q_{\max 2} + \dots + q_{\max n}, \\ q_{\max} \geq y. \end{array} \right.$$

Комплексная оптимизация состоит в нахождении наименьшей суммы стоимости закупки и доставки:

$$\text{OptCost} = \text{TCU}(y) + \text{AllCost}(l) \rightarrow \min.$$

На основе проведенной оптимизации по каждому заказываемому продукту составляется расписание, упрощенный пример которого приведен в таблице ниже, содержащее даты начала закупки (отгрузки со склада), наименьшую стоимость, количество заказываемого продукта, информацию о доставке у конкретного поставщика (или компании) и др., которое предоставляется компании.

Расписание планируемых закупок

Дата закупки	Количество закупаемого продукта	Продукт	Поставщик	Масса единицы продукта, кг	Стоимость единицы продукта, руб.	Общие затраты, руб.
12.06.2016	160	Алюминий	ОАО «Инварентет»	5	120	27 330
24.06.2016	230	Медь	ООО «Вартек»	4	140	41 610

Список литературы

1. Штурлак Н.Г. Выбор приоритетных направлений управления затратами [Электронный ресурс]. – URL: http://biznes-planirovanie.ru/vybor_prioritetnyh_napravlenij_upravleniia_zatratami.html (дата обращения: 12.06.2016).

2. Сысо Т.Н. Оптимизация управления затратами предприятия // Вестник Ом. ун-та. Экономика. – 2011. – № 4. – С. 135–143.

3. Руденко И.В., Бойцова А.А. Управление затратами: сущность, механизмы, подходы // Вестник Ом. ун-та. Экономика. – 2010. – № 2. – С. 114–118.

4. Гагарский В. Сокращение издержек компании [Электронный ресурс]. – URL: <http://gagarskiy.narod.ru> (дата обращения: 27.06.2016).

5. Денисов Д.В. Анализ существующих подходов к совершенствованию системы управления запасами [Электронный ресурс]. – URL: http://biznes-planirovanie.ru/analiz_sushestvuiushih_podhodov_k_sovershenstvovaniuu_sistemy_upravleniia_zatratami.html (дата обращения: 16.06.2016).

6. Гольдштейн А.Л. Теория принятия решения. Задачи и методы исследования операций и принятия решений. – 2-е изд., испр. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 361 с.

7. Таха Х.А. Введение в исследование операций. – 7-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.

8. Завьялова Т.С. Оптимизация затрат по предоставляемым услугам с целью развития малого бизнеса // Российское предпринимательство. – 2011. – № 10. – С. 137–140.

Получено 10.07.2016

Полякова Ольга Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: olgastratum@mail.ru.

Самбурский Леонид Андреевич – магистр кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», электротехнический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: emhres@yandex.ru.