

УДК 65.012.34

*КЛИМЕНКО Т.А.*, НТУ «ХПІ»

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В СБЫТОВОЙ СЕТИ ПОСТАВЩИКА

У розвиток роботи формалізована методика оптимізації розподілу матеріальних потоків, запропонований критерій якості відповідно до розв'язуваного типу поставленого завдання дослідження в цьому напрямку. Коротко зазначені переваги використання методики, як постачальником продукції, так і його клієнтами.

**Введение.** Понимая важность и актуальность разработки и совершенствования методик, направленных на оптимизацию распределения материальных потоков в различных системах, которые бы соответствовали современным принципам интегративности логистических партнеров, представляется целесообразным детальная постановка задач, решаемых в рамках данной проблемы, представление и анализ целевой функции и системы ограничений оптимизационной задачи.

В работе [1] одним из факторов эффективного управления материальными потоками являлась величина издержек на управление запасами. Однако данная величина являлась частью алгоритма при определении оптимального размера заказа каждого отдельного клиента. С учетом работы [2], в которой была представлена методика оптимизации управления материальными потоками на этапе распределения готовой продукции поставщика своим клиентам, основным принципом которой является учет «системных взаимосвязей» между всеми звеньями логистической системы, представляется возможным модифицировать величину издержек на управление запасами в виде целевой функции, но для всей сбытовой сети поставщика.

**Цель и постановка задачи.** Целью исследования является математическая формализация методики оптимизации управления материальными потоками на этапе распределения продукции в сбытовой сети поставщика, предложенной в работе [2].

**Постановка задачи и математическая модель.** Представим в общем виде процесс, происходящий в современных условиях рынка между поставщиком продукции и его клиентами на этапе распределения продукции между ними, т.е. в процессе выполнения заявок. Очевидно, что поставщиком продукции рассчитывается его собственный сбытовой запас, исходя из прогнозных значений ожидаемого спроса на определенный период времени. Однако, работая с каждым отдельным звеном логистической системы, он не может в полной мере утверждать об оптимальности распределения всего материального потока, так как не рассматривает логистические внутрисистемные связи и ограничения, связанные с разным статусом звеньев системы, их ожиданиями и тактическими целями собственно поставщика, которые могут изменяться в разные периоды времени.

Опишем порядок действий для пары «Клиент – Поставщик», который должен происходить в рамках функционирования предлагаемой методики оптимизации:

1. Определение (подтверждение/корректировка) стратегии поставщика – поощрение постоянных клиентов, продажа определенного типа товара, лояльность к новым клиентам и т.п.;

2. Анализ всей номенклатуры своей продукции с разбивкой ее на группы, отвечающей выбранной стратегии поставщика;
3. Оценка степени взаимозаменяемости продукции между собой. Такую оценку целесообразно проводить в два этапа. Первый – для самого поставщика, чтобы получить полную картину взаимозаменяемости для всей своей номенклатуры. Второй этап проводится персонально для каждого из клиентов, так как понятие взаимозаменяемости для каждого из них будет различным. Также, предполагается учитывать ограничения по цене в рамках возможности замещения одного типа продукции другим;
4. В соответствии с выбранной стратегией производится присвоение статуса звеньям логистической системы (клиентам). Для этого необходимо построить функцию принадлежности клиента к определенному множеству (группы по объемам партий закупок, типам товаров, приносимой поставщику прибыли и т.п.), основным элементом которой является характеристика клиента за определенный период времени, одинаковый для всех клиентов поставщика продукции;
5. Каждый клиент подает заявку на продукцию, которая должна быть представлена в виде интервального требования. Представляется возможным, что нижней границей будет являться оптимальный размер заказа, а верхней – его сумма со страховым запасом, который предложено рассчитывать по методике, предложенной в [3];
6. Вводится критерий качества, содержащий коэффициенты важности каждого клиента, в соответствии с которым будет оцениваться эффективность распределения товара в логистической системе;
7. Накладывается система ограничений, отражающая интервальные требования потребителей, количество товара на складе поставщика в данный момент времени, а в случае наличия взаимозаменяемости товара – весовые коэффициенты соответствия товаров друг другу в пределах оговоренных товарных групп индивидуально для каждого клиента, а также ценовых ограничений;
8. Путем решения задачи оптимизации по каждому клиенту определяется рациональный размер заказа, и формируются отправки;
9. Проводится анализ характеристик материального потока по каждому из клиентов (сравнивая полученные результаты отправок с пожеланиями клиентов) с помощью методов статистики и нечеткой логики, а также производится оценка экономической эффективности применения предложенной методики управления распределением материальных потоков в сбытовых сетях поставщика.

Ниже представлен критерий качества – формула (1), по которому будет оцениваться эффективность распределения товара в сбытовой сети поставщика продукции. Отметим, что постановка задачи проводилась с допущением, что клиент не может получить меньше продукции, чем нижняя граница его требований. В этом

случае отправки не формируются, и выполняется пересчет по оставшемуся на складе поставщика количеству товара.

$$F = \left( \sum_{i=1}^m C_{\Pi_{ij}} \cdot A_{ij} \right) \cdot \beta - \left( \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot A_{ij} \right) \rightarrow \min \quad (1)$$

где  $i$  – номер клиента;  
 $j$  – номер товара;  
 $m$  – количество клиентов;  
 $n$  – количество видов товара;  
 $F$  – критерий качества;  
 $C_{\Pi_{ij}}$  – стоимость транспортировки единицы товара, грн;  
 $\alpha_i$  – коэффициент степени важности клиента;  
 $\beta$  – уравнивающий коэффициент, показывающий соотношение между ценой товара и стоимостью его транспортировки;  
 $A_{ij}$  – размер партии отправки клиенту, шт.  
 Простейшая система ограничений имеет вид:

$$\begin{cases} A_{ij} \in Z \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i \cdot b_{ij}^{\max} \leq d_j \\ b_{ij}^{\min} \leq A_{ij} \leq \alpha_i \cdot b_{ij}^{\max} \end{cases} \quad (2)$$

где  $Z$  – множество целых положительных чисел;  
 $d_j$  – количество  $j$ -го товара на складе поставщика, шт.;  
 $b_{ij}^{\min}, b_{ij}^{\max}$  – нижняя и верхняя границы интервальных требований каждого из клиентов по количеству товара, шт.

Данная система ограничений включает в себя требование целочисленности по количеству отгружаемой продукции (строка 1). Строка 2 указывает на ограничения по наличию  $j$ -го товара на складе поставщика на момент подачи заявки  $i$ -го клиента с учетом его коэффициента уровня обслуживания  $\alpha$  в соответствии со статусом, который присваивается ему поставщиком продукции ( $\alpha$  изменяется от 0 до 1). Строка 3 содержит интервальные требования всех клиентов по всем видам продукции.

Известно, что в процессе распределения продукции, часто возникают ситуации дефицита, при которых невозможно удовлетворить требования всех клиентов. Ниже рассмотрен пример, в соответствии с которым необходимо распределить количество товара между тремя клиентами с разной степенью важности. Критерий качества здесь записывается с учетом штрафной функции, которая не допускает выхода из интервальных ограничений по количеству товара каждого из клиентов. В исходных данных записывают также удельную стоимость транспортировки единицы товара для каждого клиента (предполагается, что она будет являться функцией от количества товара).

Предположим, что на складе поставщика продукции находится 100 единиц продукции и существует три клиента, которые представили свои требования в виде следующих интервалов (шт.):

1-й клиент: (50 – 60)

2-й клиент: (35 – 45)

3-й клиент: (20 – 25)

При этом, коэффициент степени важности,  $\alpha_i$  каждого клиента для поставщика составляет такие значения:

$$\alpha_1 := 1.4 \quad \alpha_2 := 1 \quad \alpha_3 := 3$$

Введем уравнивающий коэффициент, который соотносит стоимость единицы товара и удельную стоимость его транспортировки:

$$\beta := 0.02$$

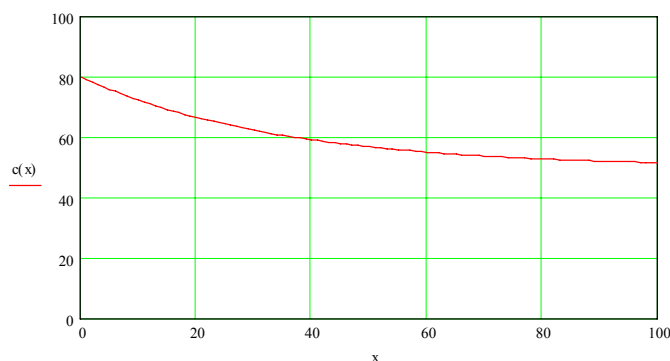
Удельную стоимость транспортировки в зависимости от количества партии отправки, зададим функцией следующего вида:

$$c(x) := 50 + 30e^{-0.03 \cdot x}$$

Здесь числовые коэффициенты выбраны произвольно и служат лишь для иллюстрации работы алгоритма. Здесь же  $x$  – это количество единиц товара на складе.

$$x := 0..100$$

Тогда функция  $c(x)$  принимает вид:



Проиллюстрируем возможную работу рассмотренного алгоритма в среде MathCAD. Здесь критерий качества записывается с использованием штрафной функции, которая не допускает выхода за пределы интервальных требований по количеству товара для каждого из контрагентов, тем самым существенно увеличивая критерий качества, который должен минимизироваться и имеет следующий вид:

$$f(x_1, x_2, x_3) := (x_1 \cdot c(x_1) + x_2 \cdot c(x_2) + x_3 \cdot c(x_3)) \cdot \beta - (\alpha_1 \cdot x_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \alpha_3 \cdot x_3) + [(x_1 + x_2 + x_3) > 100] \cdot 10^6,$$

где  $x_1, x_2, x_3$  – размеры партий отправок по каждому клиенту соответственно, шт.;  
 $c(x_1), c(x_2), c(x_3)$  – удельная стоимость транспортировки продукции для каждого клиента, грн./шт.

```

Z := r ←  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ 
Fmin ← 106
for V ∈ 1..6
  u1 ← V > 3
  u2 ← (V = 2) + (V = 3) + (V = 6)
  u2 ← sign(u2)
  u3 ← (V = 1) + (V = 3) + (V = 5)
  u3 ← sign(u3)
  x1min ← 50·u1
  x1max ← 60·u1
  x2min ← 35·u2
  x2max ← 45·u2
  x3min ← 20·u3
  x3max ← 25·u3
  for x1 ∈ x1min..x1max
    for x2 ∈ x2min..x2max
      for x3 ∈ x3min..x3max
        CF ← f(x1, x2, x3)
        ok ← CF < Fmin
        Fmin ← CF if ok
        r ←  $\begin{pmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{pmatrix}$  if ok
return r

```

$$Z = \begin{pmatrix} 60 \\ 0 \\ 25 \end{pmatrix}$$

По результатам предварительных расчетов, с учетом степени важности каждого клиента и удельной стоимости транспортировки товара, очевидно, что товар получают клиенты с самым высоким коэффициентом степени важности – 1-й и 3-й, тогда как по 2-му клиенту отправки не формируются вообще, не смотря на то, что часть товара у поставщика осталась.

При распределении продукции, клиентов, которым, в соответствии с их статусом, пришлось продукции, меньше их минимальных требований – временно «обнуляем», т.е. не формируем по ним отправки. Затем, отсекая клиентов с самым высоким коэффициентом уровня обслуживания и, получивших свой товар, выполняем пересчет с целью распределения оставшейся продукции среди клиентов с более низким статусом, причем, вносятся изменения в статус оставшихся клиентов.

Очевидно, что такую операцию необходимо повторять циклически до тех пор, пока не распределится весь товар, или его остаток будет меньше минимальных требований одного из клиентов.

**Выводы.** В развитие работы [2] формализована методика оптимизации распределения материальных потоков, предложен критерий качества в соответствии с решаемым типом поставленной задачи исследования в этом направлении. Кратко указаны преимущества использования методики, как поставщиком продукции, так и его клиентами.

**Список литературы:** 1. Модели и методы теории логистики». Под ред. Лукинського В.С. – Питер Спб, 2004. 2. Клименко Т.А. Оптимизация распределения материальных потоков в логистической системе // Східно-Європейський журнал передових технологій, 2008.– № 5/5 (35). 3. Клименко Т.А. Управление страховым запасом в системе «поставщик – потребитель»// Вестник НТУ «ХПИ» Тем.выпуск «Автомобиле- и тракторостроения». 2006.