

Имитационная модель планирования каналов распределения для товаров длительного хранения

Е. А. Левчук

Введение

Существуют различные каналы движения товара от производителя к потребителю. Каналы распределения – это промежуточные звенья, приобретающие (или способствующие приобретению) товары на их пути к конечному потребителю. В качестве таких звеньев могут выступать простые посредники, оптовые и розничные торговцы [1]. Методы планирования снабжения товарами магазинов должны в большей степени основываться на теории вероятностей. Спрос на продукцию длительного хранения имеет определённые интервалы колебаний, причём последние зависят от множества причин [2].

Пусть минимальный объём товара, который может быть реализован за день (наименьший реализованный спрос), составляет K_{\min} единиц, максимальный – K_{\max} . Заказывая ежедневно по K_{\min} единиц, магазин с вероятностью 100% будет их все продавать без остатка. Убытков (потерь) от хранения нереализованного товара на складе нет. Но в данном случае магазин будет нести скрытые убытки от снижения продажи товара, так как спрос на него в отдельные дни является величиной, большей K_{\min} . Эти скрытые убытки есть следствие неудовлетворённого спроса покупателей.

Если магазин будет ежедневно заказывать товар в количестве $K \in (K_{\min}; K_{\max})$, то возможны две ситуации:

- в отдельные дни покупательский спрос будет больше или равен этой величине и магазин будет получать большую прибыль от реализации товара по сравнению с прибылью от гарантированной реализации товара в количестве K_{\min} единиц;
- в другие дни покупательский спрос будет меньше этой величины и магазин будет нести потери от хранения нереализованного товара.

Для принятия экономически обоснованного решения при планировании снабжения магазина необходимо знать не только возможный спрос в анализируемом периоде, но и частоту (вероятность) подобного спроса [2]. Однако использование вероятностных методов в процессе планирования товароснабжения связано с ограничениями, связанными с видом законов распределения случайных величин. В общем случае задачи планирования каналов распределения для товаров длительного хранения можно решать с помощью методов имитационного моделирования. Пример такого решения приведен в настоящей статье.

Концептуальная модель

Объект моделирования представляет собой фирму, имеющую склад, и сеть из m магазинов. Эти магазины реализуют n различных товаров, поставляемых со склада фирмы. В каждом магазине есть собственный склад, на котором хранятся товары.

Для каждого j -го магазина известно:

- стоимость хранения единицы i -го товара – c_i у.е. в день ($i = \overline{1, n}$);
- розничная цена продажи i -го товара – d_i у.е. ($i = \overline{1, n}$);
- начальное количество i -го товара на складе $a_i^{\text{нач}}$ ($i = \overline{1, n}$);
- минимальное количество i -го товара на складе $a_i^{\text{мин}}$ ($i = \overline{1, n}$).

Если количество i -го товара на складе становится меньше этой величины, то магазин отправляет на i -й товар заказ на фирму в количестве b_{ij} штук ($i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$), который за-

висит от принятой стратегии возобновления запасов. В любом случае заказ выполняется к началу следующего торгового дня, если товар имеется на складе фирмы.

Для склада фирмы известно:

- стоимость хранения единицы i -го товара c_i^ϕ у.е. в день ($i = \overline{1, n}$);
- минимальное количество i -го товара на складе $a_i^{\phi \min}$ ($i = \overline{1, n}$); если количество i -го товара на складе становится меньше этой величины, то фирма отправляет заказ на i -й товар на предприятие-изготовитель i -го товара (другую фирму-поставщика i -го товара) в количестве k_i^ϕ штук ($i = \overline{1, n}$);
- стоимость формирования заказа на одну партию $c^{\text{заказ}}$; эта стоимость не зависит от величины партии;
- время выполнения заказа t_i^ϕ ($i = \overline{1, n}$).

В каждом j -м магазине количество покупателей в день K_j удовлетворяет некоторому распределению $F_j(K_j)$ ($j = \overline{1, m}$). Каждый покупатель характеризуется вектором (p_1, p_2, \dots, p_n) , где p_i – вероятность покупки i -го товара ($i = \overline{1, n}$). Количество i -го товара T_i , приобретаемого покупателем, удовлетворяет распределению $G_i(T_i)$ ($i = \overline{1, n}$). Если покупатель приходит в магазин за товаром, а этого товара нет, то покупатель получает отказ и образуется неудовлетворенный спрос, равный стоимости товара.

Были поставлены следующие задачи.

- 1) Определить оптимальное начальное число товаров $a_i^{\text{нач}}$ ($i = \overline{1, n}$) на складах магазинов, при которых:
 - средняя стоимость хранения товара на складе магазинов $\rightarrow \min$;
 - средний неудовлетворенный спрос по товарам меньше некоторой критической величины $Q_i < Q_{\text{кр}}$ ($i = \overline{1, n}$).
- 2) Выбрать наилучшую по максимуму прибыли стратегию обновления запасов склада магазина. Необходимо рассмотреть две стратегии:
 - при достижении запаса товара некоторой критической величины;
 - периодическое обновление, т.е. 1 раз за k дней запасы возобновляются до начального значения.

Формальная модель

В процессе преобразования концептуальной модели в формальную согласно базовой схемы формализации системы моделирования MISC4 [3] были выделены следующие компоненты системы:

- *Генератор Клиентов* типа *Генератор*, реализуемый активностью $a1$ (см. рис. 1), отображающей приход клиента в магазин и покупку им товаров (m версий);
- *Пополнение Склада* типа *Генератор*, реализуемый активностью $a2$, предназначенной для восстановления запасов товаров в магазинах и на складе фирмы ($m+1$ версий);
- *Изготовитель* типа *Устройство*, реализуемый активностями $a3$ и $a4$ (соответственно начало и окончание производства);
- *Заказ* типа *Транзакт*, создаваемый активностью $a2$ и обслуживаемый на устройстве *Изготовитель*.

Граф перехода между активностями модели выглядит следующим образом:

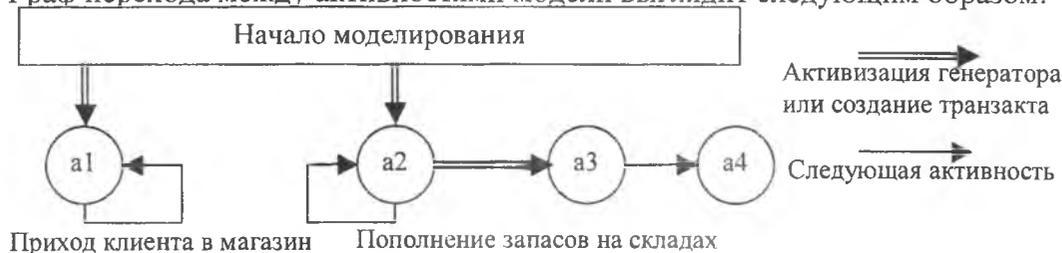


Рис. 1. Граф перехода между активностями

На основе формальной модели была реализована программа имитационной модели на языке моделирования MICIS4 [4]. При этом различные стратегии восстановления запасов складов магазинов до начального уровня обеспечивались различными алгоритмами активности a_2 для генератора *ПополнениеСклада*. Остальные алгоритмы активностей и сама структура имитационной модели не изменялись.

Результаты моделирования

Для исследования имитационной модели были взяты следующие значения параметров и переменных:

- число магазинов $m=4$,
- число видов товаров $n=5$,
- стоимость хранения товаров в магазине $c[\]=\{2.0,1.0,0.35,1.22,1.8\}$,
- розничная цена товаров $d[\]=\{4.0,3.5,2.5,3.0,3.3\}$,
- минимальное число товаров в магазине $a^{\min}[\]=\{20,30,60,35,20\}$,
- начальное число товаров в магазине $a^{\text{нач}}[\]=\{80,120,240,140,80\}$,
- стоимость хранения товара на складе $c^{\Phi}[\]=\{0.1,0.048,0.012,0.034,0.082\}$,
- минимальное число товаров на складе фирмы $a^{\Phi\min}[\]=\{300,500,1000,500,300\}$,
- начальное число товаров на складе $a^{\Phi\text{нач}}[\]=\{1500,2500,5000,2500,1500\}$,
- стоимость заказа партии товаров $c^{\text{заказ}}[\]=\{500.0,1000.0,4000.0,1100.0,550.0\}$,
- время выполнения заказа $t^{\Phi}[\]=\{5,7,8,7,6\}$,
- в среднем каждый магазин за день посещало приблизительно 1000 покупателей,
- вектор вероятности покупок товаров $p[\]=\{0.45,0.52,0.6,0.43,0.47\}$,
- верхняя граница числа покупаемых товаров $g^{\max}[\]=\{2,5,10,8,4\}$.

Для определения отрезка реализации прогона имитационной модели проводился анализ изменения значений откликов в модельном времени, единицей которого был взят один день. На рис. 2 показаны временные ряды, соответствующие некоторым откликам. Из графиков наглядно видно, что с некоторым запасом переходный период можно взять длиной в 50 дней, а продолжительность всего эксперимента – 150 дней.

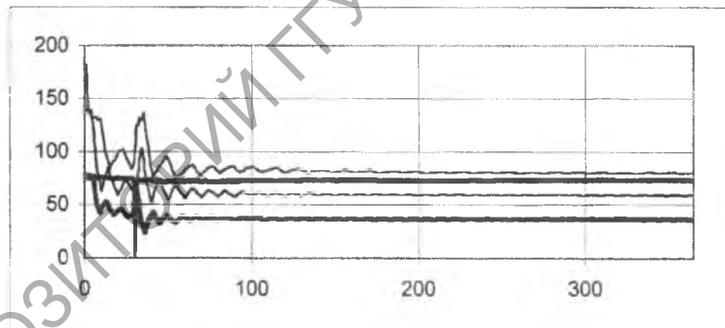


Рис. 2. Изменение значений откликов в модельном времени

В каждом опыте с имитационной моделью приводилось по пять прогонов. Для определения точности (доверительного интервала) откликов использовалась методика, изложенная в [5]. Из полученных результатов следует, что ошибка определения средней выручки получается меньше 5%, а ошибка определения средней стоимости хранения менее 3%. Это удовлетворительная точность для поставленных выше задач. Поэтому дальнейшие расчеты были выполнены, исходя из данных по пяти прогонам.

Задача определения оптимального начального числа товаров на складах магазинов при ограничении по неудовлетворенному спросу решалась отдельно по каждому товару. На основании однофакторного имитационного эксперимента, когда начальные запасы одного товара изменялись от нижней до верхней границы, а другие параметры оставались неизменными, были получены зависимости средней стоимости хранения товаров на складе магазина и среднего неудовлетворенного спроса этого товара.

В частности, графики изменения этих характеристик для первого товара приведены на рис. 3, что достаточно для интерпретации результатов. На оси ординат задается критическое значение неудовлетворенного спроса и к нему восстанавливается перпендикуляр до пересе-

чения с графиком среднего спроса. Через точку пересечения проводится прямая параллельно оси ординат. Справа от этой прямой находятся допустимые значения спроса. В силу прямой зависимости стоимости хранения товаров от начального значения товара на складе оптимальное значение находится как раз на построенной прямой. Так, если положить критической величину среднего неудовлетворенного спроса по первому товару равной 15, то оптимальное начальное число первого товара на складах магазинов будет равным 35.

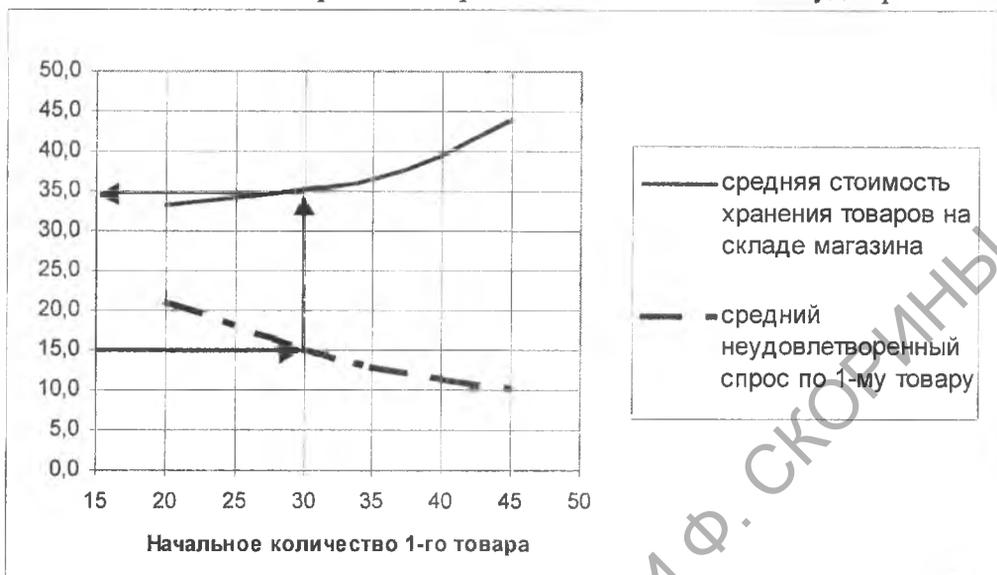


Рис. 3. Зависимость средней стоимости хранения товаров и среднего неудовлетворенного спроса от начального значения запаса первого товара на складах магазинов

Во второй задаче рассматривались две стратегии обновления запасов склада магазина:

- при достижении некоторой критической величины;
- периодическое обновление, т.е. 1 раз за k дней.

Для нахождения лучшей по максимуму прибыли стратегии были проведены отдельные опыты с указанными способами обновления запасов складов магазина и получены значения выручки, расходов и прибыли, отображенные на рис. 4. Из него следует, что предпочтительнее обновлять запасы при достижении некоторой критической величины. Эта же диаграмма позволит получить ответ при введении ограничений на выручку и расходы.

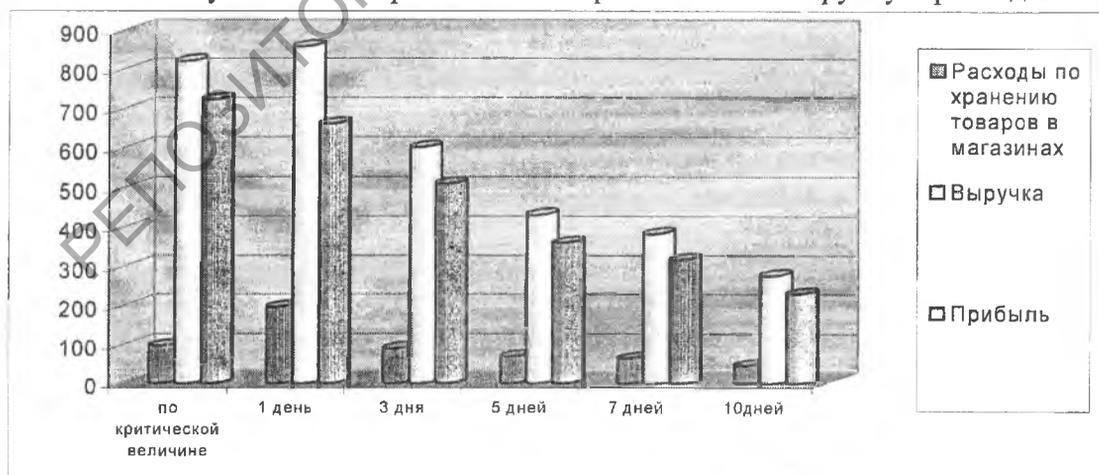


Рис. 4. Сводная диаграмма результатов эксперимента, отражающая величины прибыли, выручки и расходов по хранению товаров

Abstract

The author considers some methods of the imitating modeling for a solution of the problems of planning of the channels of distribution for the goods of a long storage.

Литература

1. Кузнецов В.П. Экономико-математические методы и модели. – Мн.: Минский институт управления, 2000.
2. Ларионов А.И., Юрченко Т.И. Экономико-математические методы в планировании. – М.: Высшая школа, 1984.
3. Задачи и модели ИСО. Ч.3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Уч. пособие/ И.В. Максимей, В.Д. Левчук и др. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 150 с.
4. Левчук В.Д. и др. Структура программы имитационной модели на языке моделирования MICIS4// Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2003. – №3.
5. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.

Белорусский торгово-экономический
университет потребительской кооперации

Поступило 20.03.04

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ