

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТОВАРНОГО ЗАПАСА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПТОВОЙ ТОРГОВЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ



**ГАЛИНА
ЗАЙКОВСКАЯ,**
ОАО «НПП
«Гранит-Центр»,
главный
специалист
Службы
качества,
ВЗФЭИ,
аспирант

АННОТАЦИЯ:

Вероятностная природа колебаний спроса, возможности срыва и задержки поставок означают, что для нахождения удовлетворительных решений проблем, связанных с управлением запасами торгового предприятия, требуется применение методов имитационного моделирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Управление запасом, имитационное моделирование, оптовое предприятие

ANNOTATION:

Probabilistic nature of demand fluctuations, the possibility of disruption and delays in deliveryes meant that in order to find satisfactory solutions to problems related to inventory management of wholesale trading company, required to use the simulation techniques.

KEYWORDS:

Inventory management, simulation, wholesale trading company

Жесткая конкурентная среда, в которой в настоящее время работает подавляющее большинство российских торговых предприятий, вызывает необходимость принятия организацией оптимальных управленческих решений. Для предприятий оптовой торговли важнейшей задачей управленческого анализа является управление запасами. В традиционной постановке задача управления запасами заключается в определении оптимального уровня запаса, а критерием оптимальности является минимум общих издержек $C_{\text{общ}}$ на поддержание запаса (1). Общие издержки представляют собой сумму издержек хранения (аренда и содержание складских площадей, включая оборудование, заработная плата складских работников, страхование запасов и др.) и организационных издержек (затраты на оформление, доставку, получение заказов и пр.):

$$\begin{aligned} C_{\text{общ}} &= C_{\text{хран}} + C_{\text{орг}}; \\ C_{\text{общ}} &\rightarrow \min \end{aligned} \quad (1)$$

Теоретически имеется две основные модели управления запасами: модель с фиксированным размером заказа и модель с фиксированным интервалом времени между заказами [1, 6, 7, 8].

МОДЕЛЬ С ФИКСИРОВАННЫМ РАЗМЕРОМ ЗАКАЗА

Основной параметр модели — размер заказа — вычисляется по формуле Уилсона, в которой оптимальный размер заказа q^* определяется в точке экстремума функции общих затрат $C_{\text{общ}}$:

$$q^* = \sqrt{\frac{2sd}{h}}, \quad (2)$$

где s — организационные издержки, связанные с выполнением одного заказа; d — интенсивность спроса (единиц товара

в год); h — издержки на хранение запаса единицы запаса в год.

Следует учитывать, что данная модель имеет ограничения: величины s , d , h — постоянны; стоимость единицы товара постоянна и не зависит от размера заказа; размер заказа является постоянной величиной; новая партия поступает в момент полного расходования товара.

Момент размещения заказа («точка заказа») определяется с учетом объема реализации за время доставки товара (т.е. между подачей заказа и его поступлением) и необходимого резервного запаса. Тогда «точка заказа» P рассчитывается по формуле:

$$P = Z_{\text{рез}} + r \cdot L, \quad (3)$$

где $Z_{\text{рез}}$ — резервный запас; r — средняя суточная реализация; L — время доставки товара (количество дней).

МОДЕЛЬ С ФИКСИРОВАННЫМ ИНТЕРВАЛОМ МЕЖДУ ЗАКАЗАМИ

Модель предусматривает постоянную периодичность повторения заказов с переменным размером. Для принятия решения о размещении заказа и его размере проводятся периодические проверки остатков. Если за время после предыдущей проверки было реализовано какое-то количество товара, то подается заказ. Размер его равен разнице между максимальным уровнем, до которого происходит пополнение запасов, и фактическим уровнем запаса в момент проверки.

Максимальный уровень запаса $Z_{\text{макс}}$ рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{макс}} = Z_{\text{рез}} + r \cdot (L+T), \quad (4)$$

где $Z_{\text{рез}}$ — резервный запас; r — средняя суточная реализация; $(L+T)$ — общее время (в днях) доставки товара L и реализации с момента предыдущей проверки T , тогда размер заказа q на момент проверки определяется как:

$$q = Z_{\text{макс}} - Z_{\text{текущ}} \quad (5)$$

Таким образом, размер заказа зависит от величины реализации после последней проверки. Размер резервного запаса можно определять, рассматривая распределение реализации за время $(L+T)$.

Преимуществом модели с фиксированным интервалом между поставками является отсутствие необходимости непрерывного контроля остатка запаса. К недостаткам модели относится то, что не исключается возможность дефицита товара.

Обе классические модели имеют ряд ограничений, к основным из которых относится требование постоянства (или условного постоянства) спроса. Эти модели, как правило, используются в модифицированном виде, учитывающем реальные условия потребления и пополнения запаса [8]. Практика показывает, вероятностная природа колебаний спроса и возможности срыва поставок, непредвиденные задержки при транспортировке и пр. означают, что для нахождения удовлетворительных решений

проблем, связанных с управлением запасами, требуется соответствующее моделирование и имитация.

ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В основе подхода к имитационному моделированию, заложенного основателем российской школы имитационного моделирования Н.П. Бусленко, лежат элементарные блоки, выполняющие типовые функции, которые используются при создании блок-схемы имитационной модели (ИМ). Каждый элемент реального объекта представляется в ИМ типовым элементарным блоком (ТЭБ), выполняющим функцию, сходную с той, которая имеет место в реальности [4].

Использование ТЭБ, содержащихся в библиотеке, позволяет отойти от программирования при построении имитационной модели объекта; каждый блок настраивается путем задания входов, выходов, параметров и состояний, являющихся атрибутами ТЭБ.

Из элементарных типовых блоков можно собирать модели любых объектов, а также укрупненные типовые блоки: типовые модели складов, производственных участков, диспетчеров, менеджеров и т.д. Таким образом, при построении модели предприятия или процесса не потребуется затрачивать время на разработку каждого блока модели; необходимо будет выполнить настройку типовой модели на необходимый вариант моделируемого объекта.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИФИКИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ТИПОВОГО ОПТОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Объектом исследования выбрано оптовое предприятие (далее — Предприятие), которое можно рассматривать как типовое. Предприятие специализируется на оптовой продаже крупными партиями детских игрушек, импортируемых от иностранных производителей. Предприятие поддерживает ассортиментный перечень товаров, состоящий из более чем 40 тысяч наименований.

Логистическая цепь, в которую интегрировано Предприятие (Рис. 1) обеспечивает движение товарного потока от производителя к потребителю. Работа этой цепи поставок схематично описывается следующим образом. Предприятие размещает долгосрочные заказы Производителю, на основании которых последний планирует производство. Производитель в соответствии с согласованным планом поставок отгружает товар на Транзитный склад Предприятия, который выполняет функцию склада временного хранения, обеспечивает упрощение таможенной очистки товаров и является своего рода накопителем, обеспечивающим бесперебойное снабжение товаром Оптового склада Предприятия. Оптовый склад получает товар с Транзитного склада, в соответствии с заявками на перемещение товара между складами и осуществляет отгрузки оптовым Покупателям, которые, в свою очередь, доводят товар до потребителей, удовлетворяя спрос на рынке. Логистические цепи, имеющие сходную структуру, часто встречаются на практике и описаны в литературе [5].

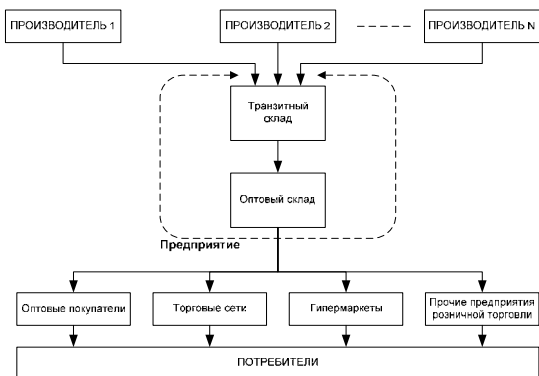


Рис. 1.

Логистическая цепь Предприятия

Задачей исследования является возможность более эффективного управления товарным потоком в среднем звене логистической цепи: Оптовый склад Предприятия — Покупатель. Предприятие желает минимизировать запасы на Оптовом складе, не допуская при этом возможности дефицита. Переход в дефицитное состояние является для Предприятия недопустимым, а потери от дефицита принимаются неограниченно высокими. Таким образом, задача оптимизации товарного запаса в традиционной постановке (1), когда критерием оптимума является минимум общих затрат, связанных с созданием и содержанием запаса, преобразуется в рассматриваемом случае в задачу поиска минимального значения уровня запаса, обеспечивающего бездефицитное удовлетворение потребностей Покупателя в условиях неопределенности спроса и времени поставки.

Необходимым условием эффективного управления запасами является регулярный анализ использования запасов, который проводится по ряду показателей [6, 8, 10], характеризующих товарный запас в различных аналитических срезах. Настоящее исследование проводилось на основании статистических данных, собранных за три года, по запасам на Оптовом складе продукции одной известной торговой марки (бренда). В рамках бренда товар классифицируется по 35 товарным группам, в которые включены 420 номенклатурных позиций (артикулов). Основными результатами проведенного анализа показателей товарного запаса стали приведенные ниже заключения.

Исследование динамики отгрузок в целом по бренду указывает на наличие очень тесной корреляционной связи рядов отгрузок в натуральном (количество штук) и денежном выражениях: значение коэффициента корреляции r равно 0,98. Также выявлено подобие графиков отгрузок по отдельным товарным группам. Таким образом, в рамках рассматриваемого бренда, несмотря на широкий ассортиментный ряд, состоящий из более 400 артикулов, структуру отгрузок (спроса) можно считать однородной; дальнейшие исследования целесообразно проводить в натуральном выражении в целом по бренду.

Диаграмма отгрузок по годам позволяет сделать вывод о сезонных колебаниях спроса, которые хорошо прослеживаются на линиях тренда (Рис. 2), описываемых с высокой степенью точности полиномиальными уравнениями 4-й степени. (Коэффициент детерминации R^2 в интервале 0,88 — 0,93)



Рис. 2

Линии тренда и их уравнения для рядов отгрузок (2007—2009 гг.)

Сравнение среднего уровня запасов и расхода товара (Рис. 3) показывает, что на большей части отрезков исследуемого интервала имеет место превышение среднего уровня запасов над расходом. В 2009 г. разрыв между графиками заметно увеличился, что объясняется влиянием экономического кризиса, но к концу года произошла стабилизация до уровня предыдущих лет.

По данным, используемым для построения диаграммы (Рис. 3), были рассчитаны показатели: относительный уровень запаса $Z_{отн}$ (или время оборота) и коэффициент оборачиваемости $K_{об}$ (или скорость оборота)

$$Z_{отн} = \frac{Z_{ср}}{O} \quad (6)$$

где $Z_{отн}$ — относительный уровень запаса, измеряемый в количестве периодов; O — объем отгрузок за период; $Z_{ср}$ — средний запас за период;

$$K_{об} = \frac{O}{Z_{ср}} \quad (7)$$

где $K_{об}$ — коэффициент оборачиваемости или скорость товарооборота в периоде.

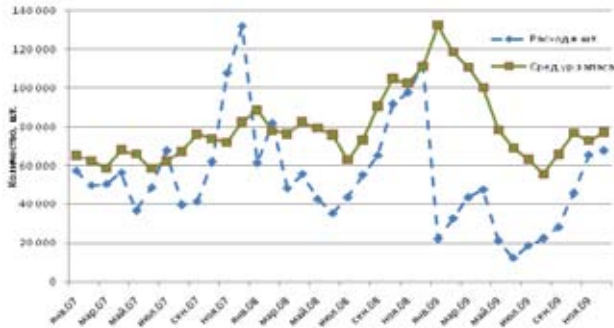


Рис. 3

Сравнение среднего уровня запасов с расходом товара (2007—2009 гг.)

Значение показателя $Z_{отн}$ колеблется в пределах от 1.00 до 2.16, т.е. в рассматриваемом периоде Предприятие поддерживало уровень товарного запаса на 1—2 месяца работы. Значение коэффициента оборачиваемости $K_{об}$ колеблется в пределах 0.46 — 1.00, т.е. за месяц товарный запас обновляется на 46 — 100 %.

В заключение к проведенному анализу показателей товарного запаса следует отметить, что на Предприятии действует система с периодической проверкой остатков 1 раз в неделю. Количество поставок товара на склад составляет не менее двух в месяц. В сложившихся условиях можно предполагать, что средний уровень запаса может быть сокращен без нарушения непрерывности процесса реализации, т.е. без риска перехода в состояние дефицита.

Анализ показателей товарного запаса позволяет выявить возможные направления совершенствования деятельности компании в сфере управления запасами. В связи с тем, что в общем случае имеет место наличие неопределенности в колебаниях спроса, возможности полного или частичного срыва поставок поставщиком, задержек при транспортировке и др., для решения задачи оптимизации товарного запаса существующие аналитические модели не приемлемы. В этом случае положительный результат может дать применение методов имитационного моделирования.

При концептуальном построении имитационной модели (ИМ) управления запасами оптового предприятия рассматриваем ключевые звенья цепи поставок внутри и вне Предприятия. В схеме ИМ (Рис. 4) каждое значимое звено цепи поставок заменяется блоком, выполняющим сходные функции.

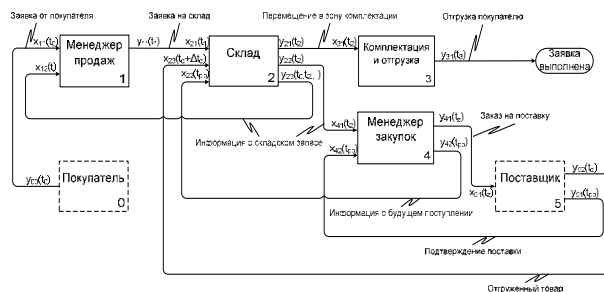


Рис. 4

Схема имитационной модели управления запасами оптового предприятия

Модель работает следующим образом: Блок 0 (Покупатель) представляет собой генератор случайных чисел, который по заданной эмпирической схеме или в соответствии с определенным законом распределения посылает сигнал (заявку) блоку 1 — Менеджеру продаж. Блок 1 является агрегированным и включает в себя логический блок и блок задержки. Таким образом, блок 1 моделирует две операции: логическую (проверка менеджером наличия необходимого количества товара на складе) и операцию задержки на время (случайная величина), необходимое для обработки заявки и согласования с Покупателем деталей отгрузки. Обработав заявку Покупателя, блок 1 посылает сигнал (заявку на отгрузку) блоку 2 — Склад. Блок 2 является накопителем (сумматором) и моделирует изменение складского запаса при выполнении операций отгрузки и приемки товара. Получив сигнал от блока 1, Склад отгружает указанное количество товара в зону комплектации, а затем покупателю, и посылает сигнал (информацию об изменении складского запаса) в блок 1 и блок 4 (Менеджер закупок). Менеджер закупок является логическим блоком и фактически реализует модель управления запасом, принятую на предприятии. При выполнении условия формирования заказа (точка заказа) блок 4 посылает сигнал (заказ на поставку) в блок 5 (Поставщик), который реализует задержку на время поставки товара. Поступление товара на склад является сигналом для блока 2 на изменение (пополнение) товарного запаса.

Реализация ИМ управления запасом может быть выполнена в специализированных программных средах, реализующих концепцию имитационного моделирования, например, GPSS World [9, 11], AnyLogic [3], Pilgrim [2], которые предоставляют возможность разработчику при создании модели использовать библиотеки типовых блоков.

Эксперименты с моделью и анализ результатов имитации позволяют выявить наличие периодов дефицита товара и их длительность, уточнить значения нормируемых показателей минимального и максимального складского запаса, сделать выводы о необходимости совершенствования существующего алгоритма закупок. Таким образом, имитационное моделирование служит дополнительной поддержкой для принятия управленческих решений в сфере управления запасами.

Библиографический список:

1. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник. — 14-е изд., перераб. и доп. — М.: "Дашков и Ко", 2007.
2. Емельянов А.А. и др. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие/ А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума; Под ред. А.А. Емельянова. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 368 с.
3. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 400 с.
4. Кобелев Н. Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем. — М.: Дело, 2003. — 336 с.
5. Линдерс М. Р. Управление снабжением и запасами. Логистика / М. Р. Линдерс, Х.Е. Фирон. — 11-е изд. — СПб.: ПОЛИГОН, 1999. — 768 с.
6. Нагальянц Н.А., Осипова Л.В. Управление запасами: Учебное пособие/ ВЗФЭИ. — М.: Экономическое образование, 1994. — 68 с.
7. Неруш Ю. М. Логистика: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: ТК Велби; Изд-во Проспект, 2006.
8. Стерлигова А. Н. Управление запасами в цепях поставок: Учебник — М.: ИНФРА-М, 2008 — 430 с.
9. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. — М.: Бестселлер, 2003. — 416 с.
10. Экономика фирмы: учеб. пособие/ под ред. проф. А.Н. Ряховской. — М.: Магистр, 2009. — 511 с.
11. <http://www.gpss.ru> // Специализированный веб-сайт, посвященный имитационному моделированию систем.