

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТИПОВОГО ОПТОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Управление запасами является неотъемлемой и наиболее значимой частью деятельности любого торгового предприятия, которая требует непрерывного контроля со стороны руководства. Для достижения эффективности в этой сфере руководство предприятия должно определить порядок организации поставок и отгрузок (модель управления) и уровень, на котором необходимо поддерживать сбытовой запас, чтобы минимизировать расходы на его содержание, с одной стороны, и обеспечить выполнение заказов покупателей в условиях непредвиденного повышения спроса, с другой.

В теории управления запасами (УЗ) выделяют две основные модели: модель с фиксированным размером заказа и модель с фиксированным интервалом времени между заказами. Обе эти модели имеют широкий ряд ограничений, но на их основе разрабатываются многочисленные прикладные модели, приближенные к конкретным условиям деятельности.

Наиболее сложной проблемой при использовании любой из моделей УЗ является определение уровня страхового запаса, который создается для обеспечения бесперебойного удовлетворения поступающих в торговое предприятие заказов покупателей (спроса). Для типового оптового предприятия потребность в страховом запасе обусловлена наличием следующих факторов неопределенности: незапланированный рост спроса (сбыта), несвоевременность поставки товара поставщиком, отклонение объемов поставок от запланированных, практика резервирования товара на некоторое время для отдельных групп покупателей и др.

Существующие в теории методы определения страхового запаса способны учесть только 1–2 фактора неопределенности, как правило, это: случайность суточного расхода товара и вариация длительности интервалов между поставками. Проанализируем некоторые из этих методов.

1) *Метод, основанный на предположении о случайной длительности поставок и постоянстве спроса.* Для расчета страхового запаса $Z_{стр}$ используется формула (1) [2]:

$$Z_{стр} = \bar{d} \cdot \frac{\sum (L_{онт} - L_{ср}) \cdot V_{онт}}{\sum V_{онт}}, \quad (1)$$

$$L_{ср} = \frac{\sum L_i V_i}{\sum V_i}, \quad (2)$$

где $Z_{стр}$ – страховой запас; \bar{d} – среднесуточный расход; $L_{ср}$ – средневзвешенная длительность поставки; L_i – длительность i -й поставки; V_i – объем i -й партии; $L_{онт}$ – длительность i -й поставки, превышающей средневзвешенную (поставка с опозданием); $V_{онт}$ – объем i -й партии, поступившей с опозданием.

При расчете по этому методу сначала на основе статистических данных вычисляется средневзвешенная длительность поставки $L_{ср}$ по формуле (2); определяются поставки с опозданием (с превышением средневзвешенной длительности); затем рассчитывается

страховой запас по формуле (1), в которой интервалы опозданий взвешиваются по объемам опоздавших партий.

Таким образом, в рассмотренном методе при расчете страхового запаса учитываются колебания времени поставок и объемов поставляемых партий; но не учитывается вероятностный характер спроса.

2) Метод, основанный на определении допустимой вероятности дефицита, при условии неопределенности спроса (между поставками) и постоянстве времени поставок. Допустимая вероятность возникновения дефицита P_{def} устанавливается выражением (3) [1, 2]:

$$P_{def} = \frac{C_{хран}}{C_{def} + C_{хран}}, \quad (3)$$

где $C_{хран}$ – затраты на хранение единицы товара; C_{def} – потери от дефицита единицы товара.

Очевидно, чем больше потери от дефицита, тем меньше рассчитанная по формуле (3) допустимая вероятность его возникновения. Величина P_{def} может быть нормативно установлена руководством предприятия: $P_{def} = 1 - \eta$, где η – нормативный уровень сервиса.

При известной вероятности дефицита P_{def} для случая с одним фактором неопределенности — спросом — аналитически получены формулы расчета страхового запаса для нормального, пуассоновского и равномерного распределений случайной величины спроса.

Характер фактического распределения случайной величины первоначально определяется визуально, путем построения гистограммы. Принадлежность фактического распределения к нормальному приближенно оценивается при сопоставлении величин статистических характеристик признака: моды, медианы, среднего значения; в случае их близости распределение считается нормальным [1].

Страховой запас $Z_{стр}$ для нормального распределения случайной величины рассчитывается по формуле:

$$Z_{стр} = t \cdot \sigma_D, \quad (4)$$

где t – значение параметра функции Лапласа $\Phi(t) = (1 - P_{def}) = \eta$ (табулирована);

σ_D – среднее квадратическое отклонение случайной величины спроса (сбыта) между поставками.

Существует и другая формула расчета страхового запаса в условиях нормального распределения спроса и постоянства времени поставок, приведенная Уотерсом Д. [6]:

$$Z_{стр} = n \sigma_D \sqrt{L}, \quad (5)$$

где n – значение коэффициента, влияющего на уровень дефицита; σ_D – среднее квадратическое отклонение случайной величины сбыта (спроса) между поставками, L – продолжительность времени между поставками. При значении $n = 3$ дефицит будет наблюдаться в 0,1 циклов запаса.

Близость фактического распределения к пуассоновскому определяется сравнением средней величины вариации фактора и ее дисперсии. При выполнении условия:

$$(\bar{x} - \sigma_x^2) \cong 0 \quad (6)$$

распределение считается пуассоновским [1, 2].

В случае пуассоновского распределения из условия (6) получаем: $\sigma_x = \sqrt{\bar{x}}$, тогда формула (4) расчета страхового запаса $Z_{стр}$ преобразовывается в следующий вид:

$$Z_{стр} = t \cdot \sqrt{\bar{D}}, \quad (7)$$

где \bar{D} – среднее значение случайной величины сбыва за время между поставками.

В случае равномерного распределения случайной величины спроса в известном интервале между ее минимальным D_{min} и максимальным D_{max} значениями формула для расчета страхового запаса $Z_{стр}$ имеет вид:

$$Z_{стр} = (0,5 - p_{def}) \cdot (D_{min} - D_{max}) \quad (8)$$

3) *Формула Иньютиной* при расчете страхового запаса учитывает колебания времени поставок при условии постоянства спроса [2]:

$$Z_{стр} = 2 \cdot \sigma_L, \quad (9)$$

где $Z_{стр}$ – величина страхового запаса в днях; σ_L – среднеквадратическое отклонение интервала поставок (в днях).

Согласно расчетам автора формулы вероятность дефицита в этом случае составит не более 0,015. Формула (9) не привязана к расходам на содержание запасов, исходя из соображения, что реальные потери от дефицита оценить невозможно. Это утверждение полностью согласуется с современной практикой в сфере оптовой торговли.

4) *Метод расчета норм текущего и страхового запасов при условии нормальности распределения спроса и объема поставок* [2]

В этом случае процесс движения запасов (расход-пополнение) подчиняется нормальному закону со среднеквадратическим отклонением σ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_S^2}, \quad (10)$$

где σ_D – среднеквадратическое отклонение величины сбыва; σ_S – среднеквадратическое отклонение интервала поставок.

Микитьянцем получены формулы для расчета норм текущего и страхового запасов ($Z_{max}, Z_{стр}$), основанные на допущении о нормальном законе распределения

вероятности того, что размер запаса Z будет равен разности средней величины сбыва \bar{D} и средней величины (объема) поставок \bar{S} [2]:

$$Z_{max} = \frac{\bar{D}}{2}; \quad Z_{стр} = \bar{D} - \bar{S} + 3\sigma, \quad (11)$$

где Z_{max} – текущий запас; $Z_{стр}$ – страховой запас; \bar{D} – средняя величина сбыва; \bar{S} – средняя величина поставок; σ – рассчитывается по формуле (10).

Следует отметить, что применимость последней рассмотренной методики нормирования запасов оптового предприятия весьма ограничена в силу следующих обстоятельств: а) в данной методике не учитывается, что интервал между поставками

зависит как от времени поставки, так и от интервала между заказами поставщику; б) допущение о нормальном законе распределения спроса и объема поставок не всегда приемлемо.

Для реальных условий функционирования торгового предприятия рассмотренные выше методы расчета страхового запаса имеют скорее теоретический, чем практический характер. Вследствие принимаемых ограничений и допущений область их применения достаточно узка. Кроме того, расчеты показывают, что значения нормы страхового запаса, полученные с использованием различных методов, могут существенно отличаться – в 7 раз [5]. Таким образом, построение адекватной аналитической модели, которая могла бы учесть два и более фактора неопределенности, является задачей сложной и едва ли разрешимой в полной мере. Именно поэтому многие специалисты считают, что применение имитационного моделирования для расчетов и анализа в сфере управления запасами является целесообразным, а порой единственным средством решения подобных задач.

В настоящее время методы имитационного моделирования практически не используются предприятиями среднего и малого бизнеса, в числе которых значительную часть составляют предприятия оптовой торговли. Основным препятствием для широкого применения имитационного моделирования в качестве поддержки при принятии управленческих решений является необходимость программной реализации имитационной модели. Для небольших предприятий стоимость разработки решений такого уровня является слишком высокой. В создавшейся ситуации решение проблемы видится в создании типовых моделей, имитирующих различные виды деятельности, и включение этих моделей в библиотеки программных сред, поддерживающих имитационное моделирование, в качестве типовых блоков.

Имитационная модель (ИМ) деятельности типового оптового предприятия в сфере управления запасами на концептуальном уровне представляется в виде совокупности блоков (агрегатов) с указанием их параметров и функций (Рис. 1). Выбор исходных значений параметров модели производится на основании имеющихся статистических данных, поставляющих информацию о работе моделируемой системы «как есть». Для предварительной обработки имеющихся исходных данных используются методы теории вероятностей и математической статистики.

Реализация имитационной модели включает в себя: создание программного модуля, способного имитировать работу моделируемой системы в соответствии с заданной концептуальной схемой ИМ (программная реализация модели), проверку адекватности результатов исполнения программы этого модуля, проведение имитационных экспериментов на реальных данных и обработку их результатов.

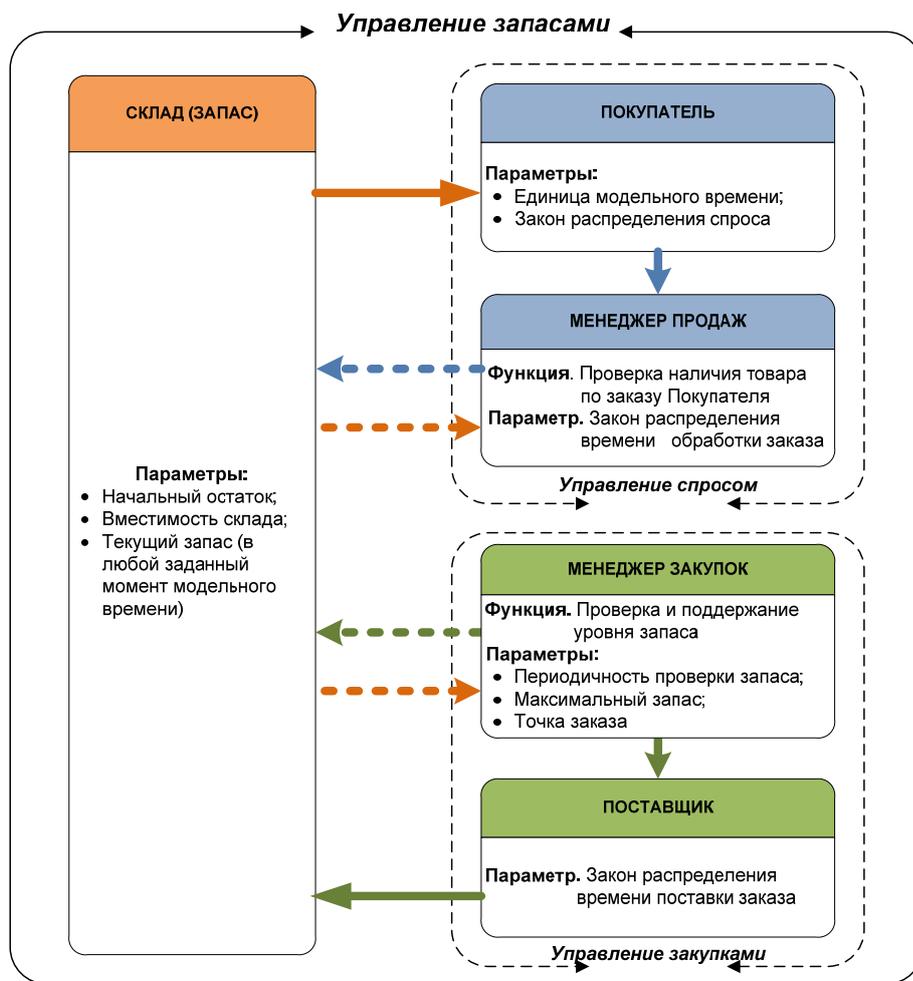


Рис. 1. Агрегированная схема имитационной модели управления запасами

Для создания программного модуля ИМ необходимо использовать специализированное программное средство, реализующее возможность разработки имитационных моделей. Среди многообразия существующих в настоящее время программных средств имитационного моделирования: GPSS, Matlab, Pilgrim, Simulink, AnyLogic и др. наиболее распространенным, по мнению многих специалистов, и доступным, с точки зрения наличия в свободном доступе и возможности освоения, является универсальный язык моделирования GPSS World.

Именно GPSS World является внутренним языком развивающейся в настоящее время универсальной среды имитационного моделирования УИМ-1, которая предназначена для широкого круга потенциальных пользователей. Теоретической основой разработки УИМ-1 является подход к имитационному моделированию, который базируется на использовании типовых элементарных блоков (ТЭБов) при разработке моделей [3, 4]. Это позволяет специалистам, не являющимся профессионалами в области программирования, использовать УИМ-1 для решения разнообразных экономических задач.

Среда УИМ-1 позволяет создавать из элементарных блоков имитационные модели различной степени сложности: управлять ТЭБами, организовывать сложные ТЭБы, представляющие собой многоуровневые схемы (модели). ТЭБ определяется совокупностью входов, выходов, состояний, каждому из которых соответствует определенное выражение или фрагмент модели на языке GPSS World. Библиотека, включенная в УИМ-1, содержит 10 категорий ТЭБов. Пользователь имеет возможность развивать библиотеку, создавая и сохраняя в ней свои собственные ТЭБы и категории ТЭБов.

На Рис. 2 представлен интерфейс системы УИМ-1: в левом окне размещена библиотека ТЭБов, в которую внесена пользовательская группа «Управление запасом» с включенными в нее ТЭБами; в правом окне расположено поле создания и редактирования модели, в которое выведена схема ИМ управления запасами в агрегированном виде (см. Рис. 1). Блоки «Управление спросом» и «Управление закупками» являются комплексными, на что указывает значок над левым верхним углом блока. Двойной щелчок мыши по комплексному блоку детализирует его до уровня входящих в него ТЭБов.

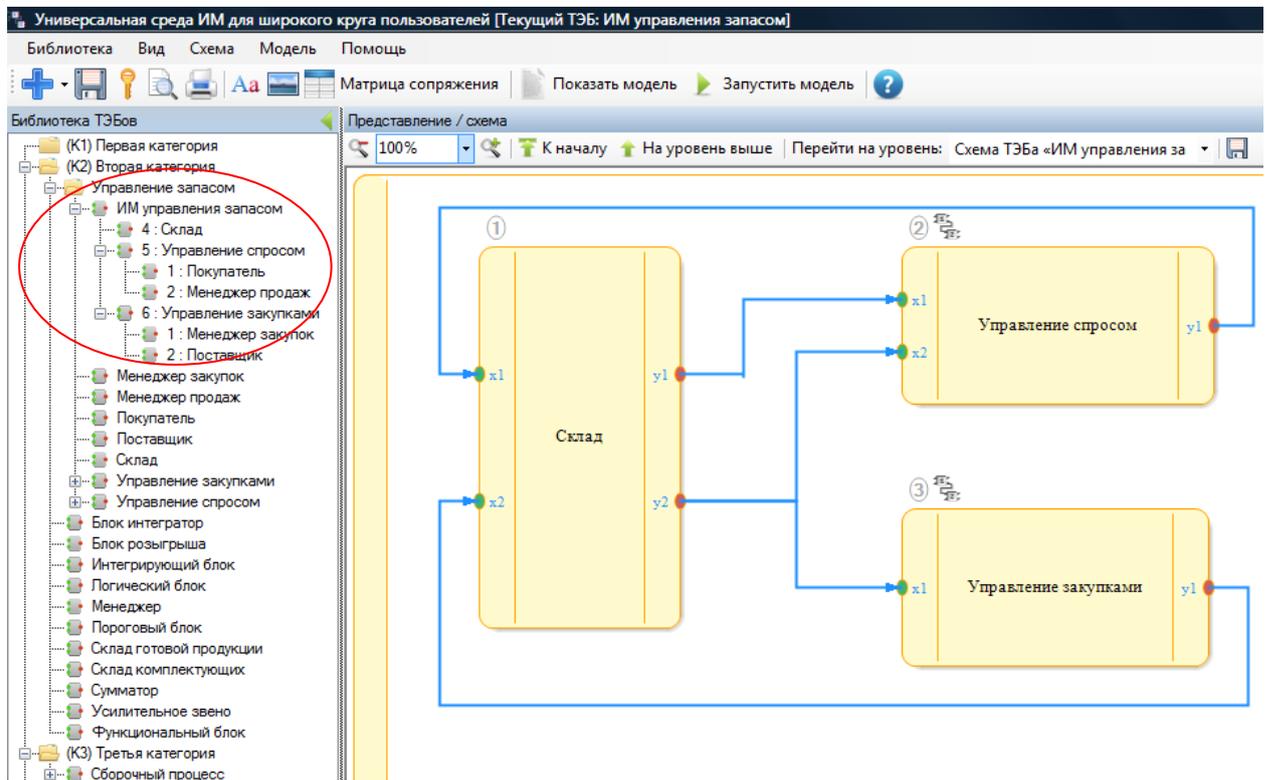


Рис. 2. Интерфейс универсальной среды имитационного моделирования УИМ-1

Настройка параметров ТЭБов, составляющих структуру модели, осуществляется в специальных окнах. Окно настройки ТЭБа содержит набор вкладок, на которых задаются все необходимые параметры, определяющие этот блок (Рис. 3).

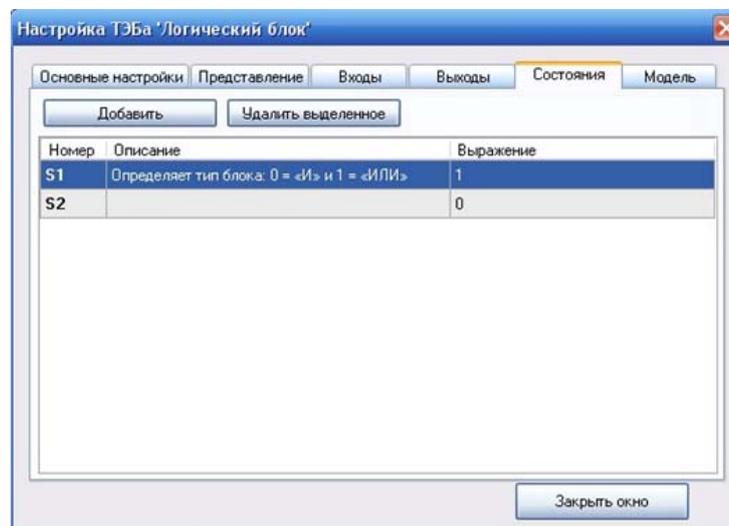


Рис. 3. Окно настройки параметров ТЭБа «Логический блок»

После того как пользователем определена структура модели и заданы параметры ее блоков, среда УИМ-1 по команде «Показать модель», расположенной на панели управления в верхней части интерфейса системы (Рис. 2), автоматически сгенерирует текст модели (программный код) на языке GPSS World. Созданная модель готова к началу проведения имитационных экспериментов.

Для реализации процедуры имитации модели в среде УИМ-1 используется специальная встроенная процедура, реализующая исключительно имитационные процессы. Схема имитационной процедуры, реализованной в УИМ-1, является универсальной и может использоваться для имитации любых моделей. Эта схема подробно описана в книгах [3, 4].

Среда УИМ-1 позволяет сохранить любую имитационную модель в качестве типового блока библиотеки. Так в библиотеке УИМ-1 была сохранена ИМ деятельности по управлению запасами типового оптового предприятия. Дальнейшее использование этого блока не требует навыков программирования. Настройка агрегированного типового блока «ИМ управления запасами» на конкретные условия функционирования предприятия производится путем задания значений параметров каждого из элементов блока.

Эксплуатация ИМ управления запасами позволяет «проигрывать» различные схемы контроля и пополнения запасов при различных условиях функционирования предприятия. Результатами имитационных экспериментов при выбранном значении страхового запаса будут: количество дней дефицита в периоде, процент неудовлетворенных заказов в общем количестве поступивших заказов, среднее значение и стандартное отклонение величины запаса в периоде, количество размещенных заказов поставщику, поступлений на склад и др.

Для каждой комбинации: схема управления запасом плюс исходные условия функционирования предприятия (законы распределения спроса, времени поставки, времени резервирования товара для покупателя и др.) будет определено минимально допустимое значение страхового запаса. Введение финансовых показателей (затраты на хранение, стоимость доставки единицы товара, организационные расходы на размещение заказа и т.д.) позволяет перейти к стоимостной оценке полученных в процессе моделирования альтернативных схем и условий управления запасами.

Разработанная имитационная модель деятельности типового оптового предприятия в сфере управления запасами служит для поддержки принятия управленческих решений персоналом многочисленных оптовых предприятий.

Литература

1. **Гаджинский А. М.** Логистика: Учебник. – 14-е изд., перераб. и доп. [Книга]. - М. : "Дашков и Ко", 2007.
2. **Канке А. А.** Основы логистики: учебное пособие/ А.А. Канке, И.П. Кошечкина [Книга]. - М. : КНОРУС, 2010. - 576 с.
3. **Кобелев Н. Б.** Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Книга]. - М. : Дело, 2003. - 336 с.
4. **Кобелев Н.Б.** Введение в общую теорию имитационного моделирования/ Пособие для разработчиков имитационных моделей и их пользователей [Книга]. - М. : Принт-Сервис, 2007. - 126 с.
5. **Лукинский В.С.** Нормирование сбытовых запасов - один из логистических методов управления цепями поставок [В Интернете]. - 12.03.2012 г. - <http://www.luka.adviss.ru/content/view/13/20/>.
6. **Уотерс Д.** Логистика. Управление цепью поставок: Пер. с англ. [Книга]. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - (Серия "Зарубежный учебник") : 503 с.