
ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА ПРИМЕРЕ ТРЕХ РЕАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**А.А. Малыханов, В.Е. Черненко (Москва)****Задача управления запасами**

Запасы предприятия – сырье и материалы для использования в производстве, а также готовая продукция для продажи покупателям (более полное определение и классификация запасов приводится в [1] и [2]).

Управление запасами – важный процесс, существенно влияющий на экономические показатели многих средних и больших компаний. В экономических науках существует большое количество как фундаментальных [3], так и прикладных [4] работ, рассматривающих подходы к повышению эффективности управления запасами предприятий.

Простая обобщенная постановка задачи управления запасами такова: необходимо определить моменты заказа товара и количество заказываемого товара в каждый момент таким образом, чтобы максимально возможно снизить издержки, возникающие при заказе, доставке и хранении товара, а также обеспечить доступность товара для потребителя не менее чем с заданной вероятностью.

В реальности при управлении запасами приходится рассматривать большое число факторов, многие из которых вносят нелинейность и взаимные зависимости в алгоритмы управления запасами. В статье рассматриваются три проекта в области управления запасами, успешно выполненных компанией Амальгама для российских и международных заказчиков, обобщается опыт применения ИМ, анализируются преимущества и недостатки использования ИМ в проектах по управлению запасами.

Расчет и обоснование целевого уровня запасов российского дистрибьютора алкогольной продукции

Дистрибуция продуктов и товаров массового потребления – низкомаржинальный бизнес, особенностями которого являются большие объемы движения товаров и значительная доля логистических издержек в структуре расходов. Поэтому для компаний, работающих в этой сфере, важна эффективность процессов планирования и управления запасами. Перед проектной командой ставились следующие задачи:

Рассчитать целевые уровни запасов в днях прогнозного потребления для 6 возможных конфигураций логистической сети.

Оценить потенциальную экономию, которая может быть достигнута за счет снижения уровня запасов и повышения точности прогнозирования при поддержании целевого уровня сервиса (уровень сервиса – доля товара, отгруженного полностью и в срок).

При моделировании пополнения запасов учитывались следующие факторы:

Структура логистической сети, пополнение склада из нескольких источников в заданной пропорции.

Прогноз спроса на товар и его точность. Точность прогноза – отклонение фактического объема спроса за определенный месяц от планового.

Ограничение вместимости на складах и в транспортных средствах (ТС) – алгоритм пополнения не должен размещать заказы, которые невозможно доставить имеющимися ТС или разместить на складе-получателе.

В результате проекта были рассчитаны целевые уровни запасов для 214 товаров для каждой из 6 комбинаций логистической сети. Также была определена зависимость уровня сервиса от точности прогнозирования продаж и уровня целевых запасов, выраженного в процентах от текущего уровня запаса и устанавливаемого в днях прогнозного потребления (рис. 1).

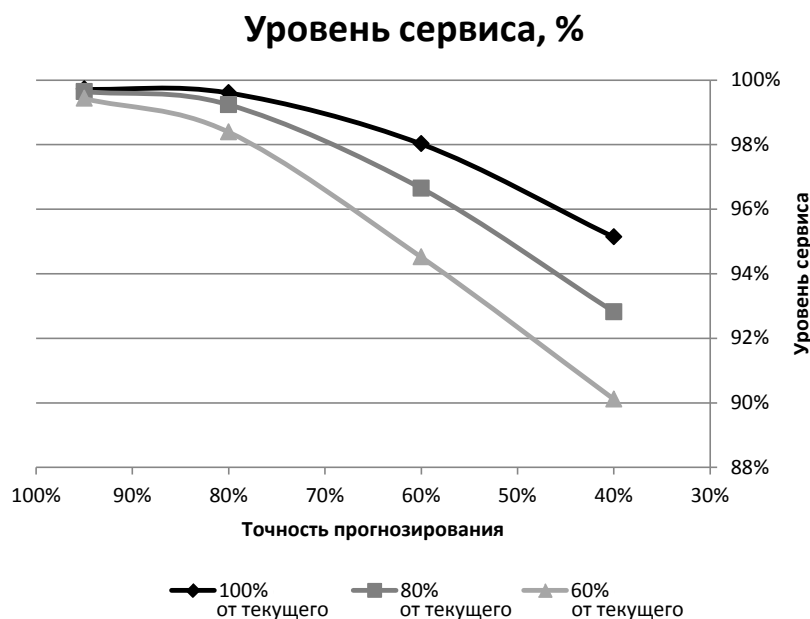


Рис. 1. Зависимость уровня сервиса от точности прогнозирования продаж и уровня целевого запаса

Определение параметров планирования пополнения комплектующих для российского производителя автомобилей

Оперативные перепланирования производства на сборочном конвейере приводят к незапланированному потреблению комплектующих, которое должно компенсироваться страховым запасом. При этом сложность расчета страхового запаса обусловлена, главным образом, большим количеством конфигураций автомобилей (29 признаков конфигурирования) и сложностью структуры конфигурируемых изделий (более 3 млн записей в полной спецификации всех конфигурируемых изделий).

Имитационная модель использовалась для определения зависимости требуемого страхового запаса от изменчивости производственных заказов и своевременности поставок. Для учета перепланирования последовательности производимых автомобилей в модели воспроизводилась процедура определения состава комплектующих по конфигурациям автомобилей (так называемое «разузлование»). Кроме того, фактическое время от поставки до заказа моделировалось как случайная величина с треугольным распределением. Дополнительную сложность в модель

вносили альтернативные и взаимозаменяемые комплектующие, которые также должны были учитываться при моделировании.

Имитационная модель выполняла подбор уровня страхового запаса для каждого материала независимо. Перед началом расчета задавались вероятность отмены или изменения конфигурации автомобиля перед запуском в производство и распределение фактического времени поставки для каждого поставщика комплектующих. Расчет страхового запаса проводился итеративно. В ходе итерации модель изменяла целевой уровень запаса каждого материала и проверяла уровень качества снабжения для этого материала. Подбор уровня запаса проводился независимо для каждого материала. Схема итеративного расчета целевого запаса показана на рис. 2.

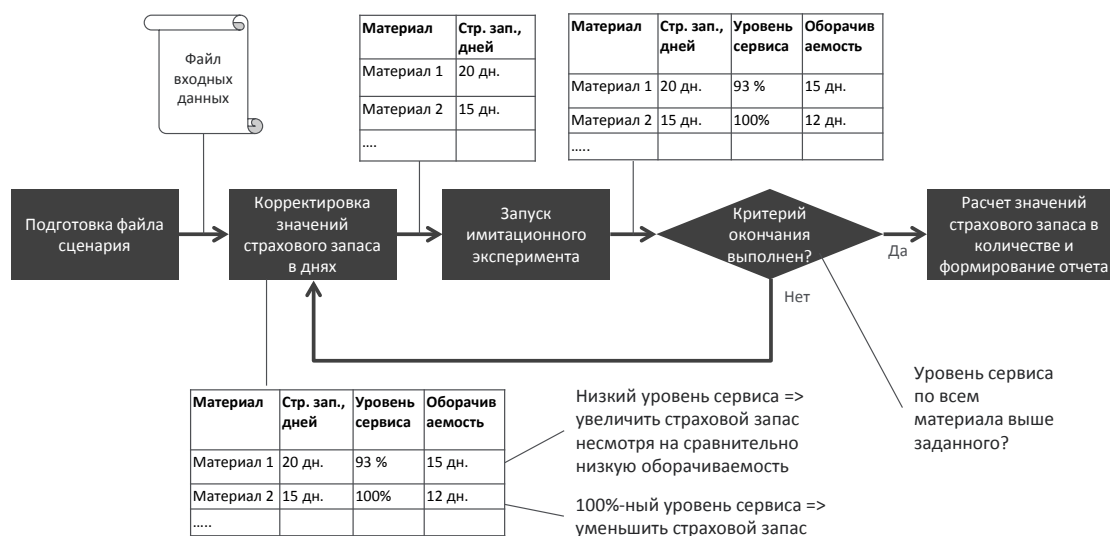


Рис. 2. Схема итеративного расчета целевого запаса материалов

Практика использования модели показала, что расчет страхового запаса завершается для всех материалов за 100-120 итераций. Для каждой итерации выполнялось 10-15 репликаций запуска для получения усредненных значений результирующих показателей модели. В результате проекта был выполнен расчет уровней страхового запаса для 1602 материалов категорий «Резинотехнические изделия» и «Электрооборудование».

Обоснование изменения алгоритмов управления запасами транснациональной компании (США)

Рынок мобильных устройств характеризуется небольшим временем жизни продуктов, быстрой сменой предпочтений покупателей, низкой точностью прогнозирования спроса, но очень высокой стоимостью запасов. Средства, «замороженные» в запасах, могут существенно ухудшить финансовые показатели компаний. В проекте ставилась задача предложить алгоритмы планирования запасов готовой продукции, позволяющие уменьшить зависимость уровня запасов от точности прогноза. Имитационная модель использовалась для тестирования предлагаемых алгоритмов пополнения, демонстрации заказчику эффекта от использования алгоритмов и сравнения результатов, достигнутых с помощью предложенного алгоритма, с реальными данными прошлых периодов.

В модели не рассматривалась сетевая структура цепочки поставок – поставки товаров в распределительные центры (РЦ) моделировались задержкой от заказа до появления товара в РЦ. Во входных данных модели задавалось плановое время поставки, используемое алгоритмом пополнения, а также распределение фактического времени поставки продукта.

Особенностью предлагаемого заказчику алгоритма пополнения было то, что алгоритм ориентировался в основном на текущие запасы и текущий фактический темп потребления товаров. Прогноз учитывался лишь тогда, когда прогнозные показатели продаж за плановое время поставки товара более чем на треть превышали текущий целевой уровень запаса. Таким образом, прогноз использовался только для устоявшихся сезонных закономерностей спроса. Имитационная модель сравнивала фактические данные о стоимости запаса за 2014 год с результатами имитационной модели, на вход которой были поданы фактические начальные остатки на 01.01.2014, прогноз продаж на 2014 год и фактические объемы отгрузок с каждого РЦ за каждые сутки.

Разработанная имитационная модель управления запасами содержит интерактивную визуализацию, позволяющую сравнивать моделируемую динамику запасов с фактическими показателями за прошлые периоды (рис. 3).

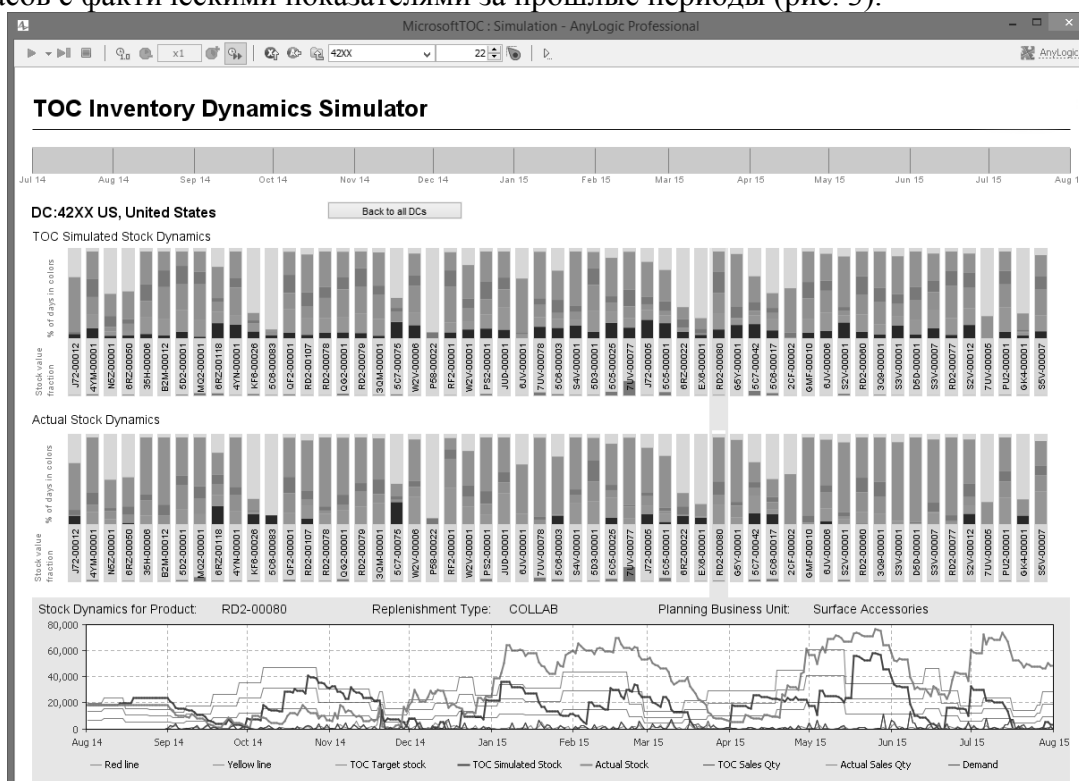


Рис. 3. Визуализация моделирования динамики запасов

Преимущества имитационного моделирования при решении задач управления запасами

Обобщая накопленный опыт решения задач управления запасами, можно выделить следующие преимущества применения имитационного моделирования в этой области:

Возможность исследования эффективности политик управления запасами в условиях неопределенности (всплески потребления, задержки поставок, неточность прогнозирования) с помощью многократных запусков с различными реализациями случайных величин.

Возможность динамической визуализации изменения уровня запасов, в том числе с использованием графиков и диаграмм.

Возможность реализовывать нестандартные и сложные алгоритмы пополнения, учитывающие ограничения на объемы хранения, вместимость ТС, стоимость запасов, механизмы реакции на незапланированные ситуации.

Возможность итеративного подбора алгоритмов и параметров пополнения запасов с помощью многократных итераций запуска модели.

Сложности, возникающие при применении ИМ при решении задач управления запасами

Практика показывает, что применение ИМ в проектах по оптимизации управления запасами сопряжено со следующими сложностями:

Имитационные модели требуют большого количества входных данных и значительных усилий на их получение и подготовку. Низкое качество данных в информационных системах компаний часто значительно усложняет выполнение проектов с применением ИМ.

Высокая (по сравнению со статическими расчетами, например, в MS Excel) сложность верификации модели из-за большого количества моделируемых зависимостей.

Большая длительность расчета параметров пополнения из-за необходимости выполнять большое количество итераций для перебора возможных значений и невозможности использовать простые эвристики для сужения пространства перебора ввиду наличия взаимных зависимостей между моделируемыми материалами.

Выводы

Имитационное моделирование позволяет обосновывать выбор алгоритмов управления запасами, рассчитывать значения их параметров, а также наглядно демонстрировать эффект от использования предлагаемых алгоритмов. Опыт позволяет рекомендовать использование имитационного моделирования, если необходимо провести анализ эффективности политик управления запасами в условиях неопределенности: нестабильных поставок, всплесков потребления, неточности прогноза. Создание динамической визуализации моделируемых процессов повышает наглядность представления результатов и упрощает верификацию модели.

Литература

1. Дроздов, П.А. Управление запасами в цепях поставок: учебно-методическое пособие / П.А. Дроздов. – Минск: ИБМТ БГУ, 2014. – 103 с
2. Управление запасами в цепях поставок: Учеб. Пособие / Бадочкин О.В., Лукинский В.В., Малевич Ю.В., Степанова А.С., Шульженко Т.Г.; под общ. и научн. ред. В.С. Лукинского. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 372 с

3. Kjell B. Zandin: Maynard's Industrial Engineering Handbook, Fifth Edition. INVENTORY MANAGEMENT AND CONTROL, Chapter (McGraw-Hill Professional, 2001), AccessEngineering
4. Стерлигова А.Н. Систематизация элементов моделей управления запасами в звеньях цепей поставок // Логистика и управление цепями поставок. - №4. – 2005. – М.: ГУ-ВШЭ, 2005. – С. 36-54