

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СКЛАДА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОНА

О.И. БАБИНА

старший преподаватель кафедры экономики и управления бизнес-процессами,
Институт управления бизнес-процессами и экономики,
Сибирский федеральный университет

Адрес: 660074, г. Красноярск, ул. Киренского, д. 26а

E-mail: babina62@yahoo.com

Имитационное моделирование является современным инструментом для решения задач планирования и управления работы складской системы. Суть имитационного моделирования заключается в разработке компьютерной программы и проведения на ней серии экспериментов, позволяющих определять оптимальные сценарии работы склада. В последние десять лет на Западе получила развитие и применение так называемая концепция оптимизации имитационного моделирования (*simulation optimization*), на базе которой разработаны пакеты оптимизации, интегрированные в системы имитационного моделирования и позволяющие пользователям автоматически находить оптимальные решения. В связи с этим стали появляться так называемые оптимизационные имитационные модели. Оптимизационную имитационную модель можно определить как процесс нахождения наилучшего набора входных переменных модели без участия пользователя в оценке каждого варианта решения. Основной целью построения оптимизационной имитационной модели является получение максимума информации о работе моделируемой системы, что является предпосылкой для успешного решения задач минимизации используемых на складе ресурсов.

В статье рассмотрен практический пример построения оптимизационной и имитационной моделей склада промышленного предприятия по производству бетона. Моделируются процессы функционирования складской системы в программной среде *ExtendSim* и оптимизируется прибыль предприятия с использованием эволюционного алгоритма. Модель оптимизации выполнена с помощью блока *Optimizer*, интегрированного в *ExtendSim*. Целью моделирования является исследование влияния параметров стратегий управления запасами на показатели работы склада, а также максимизация прибыли предприятия от продажи продукции. В работе приводится описание процесса построения модели и полученных результатов моделирования. Имитационная оптимизационная модель в планировании деятельности склада позволяет повысить точность учета материалов и складских операций, сократить уровень складских запасов, уменьшить затраты на хранение материалов, увеличить производительность труда на складе, а также анализировать количественные показатели работы склада.

Ключевые слова: промышленное предприятие, склад, имитационное моделирование, дискретно-событийное моделирование, оптимизация, эволюционный алгоритм, пакет *ExtendSim*.

Цитирование: Бабина О.И. Имитационная модель склада промышленного предприятия по производству бетона // Бизнес-информатика. 2015. № 1 (31). С. 41–50.

1. Введение

В настоящее время имитационное моделирование является общепризнанным методом исследования сложных динамических систем. Оно широко применяется в различных областях науки, бизнеса и производства. Весьма часто имитационные модели создаются при проектиро-

вании новых или реконструкции существующих производственных и логистических систем.

Одной из важнейших функций производственных и логистических систем является управление запасами, которое предусматривает нахождение оптимального уровня запаса при минимизации совокупных затрат на создание и поддержание запаса-

са [1]. Последствия неоптимальных запасов могут быть значительными. Например, избыток товара приводит к увеличению расходов на хранение и к «замораживанию» капитала предприятия. Недостаток товара, в свою очередь, приводит к уменьшению продаж, снижению уровня сервиса, снижению степени удовлетворенности клиентов, снижению прибыли предприятия. Все эти факторы негативно сказываются на выполнении большинства операций складской системы предприятия.

В данной статье рассмотрен пример построения оптимизационной имитационной модели складской системы, направленной на оптимизацию прибыли предприятия от продажи продукции. Приводится описание как имитационной оптимизационной модели склада промышленного предприятия по производству бетона, так и результатов, полученных путем проведения экспериментов с этой моделью. Имитационная модель реализована в системе имитационного моделирования ExtendSim, а модель оптимизации выполнена с помощью блока Optimizer, интегрированного в ExtendSim.

2. Постановка задачи моделирования

На рассматриваемом предприятии было принято решение о необходимости проведения исследования, направленного на ликвидацию неоптимальных материальных запасов, уменьшение общих складских расходов, а также сокращение очередей в пунктах обработки материальных потоков на складе. Поставленную задачу возможно решить с помощью метода имитационного моделирования и оптимизации. Процесс, отображаемый в разрабатываемой оптимизационной имитационной модели, должен удовлетворять следующим двум условиям: запасов должно хватать для обеспечения непрерывного производственного процесса, а раз-

мер запасов должен быть минимальным для снижения расходов на хранение.

Цель моделирования состоит в исследовании влияния параметров стратегий управления запасами на показатели работы склада, а также максимизации прибыли предприятия от продажи продукции. Основные задачи моделирования:

- ◆ минимизировать запасы сырья и готовой продукции на складе;
- ◆ сократить дефицит, связанный с недостатком в отдельные моменты времени того или иного вида сырья;
- ◆ сократить расходы на формирование и содержание запасов на складе;
- ◆ сократить очереди в пунктах обработки материального потока на складе;
- ◆ прогнозировать месячный спрос на складе по каждой позиции на сырьевые материалы;
- ◆ подготовить ежемесячные рекомендации по корректировке планов закупки на сырьевые материалы;
- ◆ максимизировать прибыль предприятия от продажи готовой продукции.

3. Концептуальная модель склада

Графически структуру склада промышленного предприятия по производству бетона можно представить с помощью топологической схемы (рис. 1), состоящей из множества логистических территорий, называемых зонами: «Зона приемки», «Зона разгрузки транспортного средства», «Зона хранения», «Зона комплектации» и «Зона отгрузки материала и готовой продукции».

В качестве формы существования материального потока складской системы обычно рассматривают запасы. Основу процесса обработки материального потока на складе составляет технологический процесс, то есть комплекс последовательно выпол-



Рис. 1. Графическая модель склада

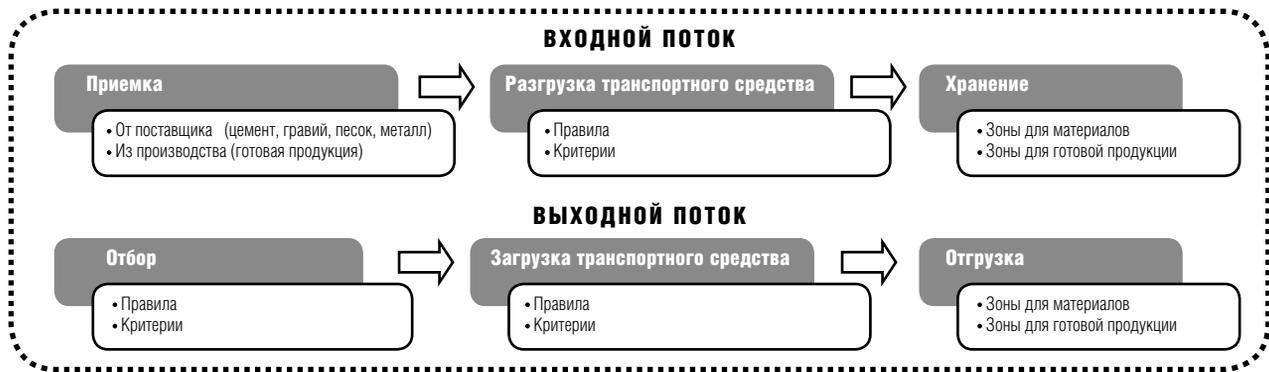


Рис. 2. Технологические процессы склада

няемых операций, связанных с приемкой сырья, разгрузкой транспортного средства, хранением, отбором, загрузкой транспортного средства и отгрузкой материала со склада [1]. От того, насколько эффективно будут выполняться эти операции, зависит также уровень логистического сервиса, предоставляемого клиентам, а, следовательно, и уровень конкурентоспособности предприятия на рынке строительных материалов. Порядок выполнения операций технологического процесса на складе показан на рис. 2.

Описание входного потока на складе

Основные сырьевые материалы (цемент, гравий, песок и металл) для производства бетона поступают на склад. Спрос на них задается ежедневно. Вначале проверяется условие, может ли этот спрос быть удовлетворен. Если запас позволяет обслужить спрос, то

величина запаса уменьшается на величину спроса. После этого проверяется условие, не достигнут ли пороговый уровень запаса. Если пороговый уровень достигнут, то формируется новый заказ в размере заданной величины. Если спрос на сырье превышает запас, то записываются данные о дефиците и формируется заказ на сырье в размере заданной величины.

Концептуальная модель склада представлена на рис. 3, где Q_i – очереди в пунктах обработки материального потока, S_j – пункты обработки материального потока, V_k – зоны хранения материалов и готовой продукции. На складе сырье проходит следующие основные технологические операции: приемка материала кладовщиком (S_1), транспортировка материалов к месту разгрузки (S_2, S_3, S_4, S_5), разгрузка сырья ($S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}$), хранение (V_1, V_2, V_3, V_4), отгрузка материала со склада в производство ($S_{12}, S_{13}, S_{14}, S_{15}$).

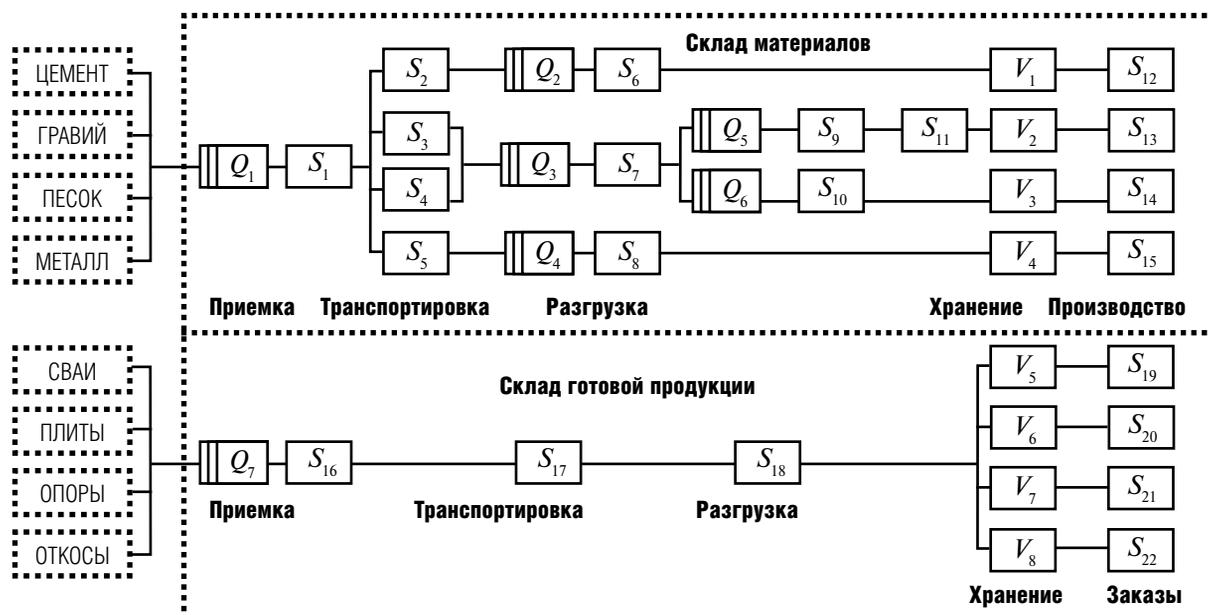


Рис. 3. Алгоритм работы имитационной модели склада

Разгрузка основных сырьевых материалов происходит по-разному: разгрузка цемента происходит при помощи вакуумного насоса (S_6); разгрузка гравия осуществляется сначала при помощи бульдозера (S_7), который загружает сырье в специальную емкость, где происходит его разрыхление (S_9), после чего с помощью ленточного конвейера (S_{11}), гравий отправляется на производство и/или на склад хранения; разгрузка песка (S_{10}) – ленточный конвейер для песка) аналогична разгрузке гравия, за исключением работы буроразрыхлительной машины; металл, поступающий на склад в пучках или бухтах, разгружается при помощи крана и бригады рабочих (S_8). Склад цемента (V_1) состоит из металлической емкости, называемой силосной бочкой, с вместимостью 500 т. Склад инертных материалов (гравия и песка – V_2, V_3) бетонного завода состоит из отдельных цистерн объемом по 300 т каждая. Вместимость склада металла (V_4) составляет 200 т, а готовой продукции (V_5, V_6, V_7, V_8) – 600 т.

Описание выходного потока на складе

Гравий (S_{13}) и песок (S_{14}) из склада инертных материалов поступают по ленточному транспортеру в бункерное отделение бетоносмесительного цеха. Цемент (S_{12}) с помощью вакуумного насоса подается в бетоносмесительный цех. Металл (S_{15}) загружается в транспортное средство и направляется в арматурный цех для производства каркасных изделий. Из арматурного цеха готовые каркасные изделия поступают в формовочный цех, где происходит изготовление продукции из готовой бетонной смеси. Бетонная смесь производится на базе четырех основных компонентов с учетом норм, замешиваемых в определенной пропорции: цемента, гравия, песка и воды. Соотношение компонентов в бетонной смеси по весу примерно такое: цемент – 1

часть, гравий – 4 части, песок – 2 части и вода. Произведенная продукция (опоры, откосы, сваи, плиты) после окончания цикла производства поступает на склад промежуточного хранения, а затем уже доставляется на склад хранения готовой продукции (V_5, V_6, V_7, V_8) предварительно пройдя пункт приемки (S_{16}) транспортировку к месту разгрузки (S_{17}) и разгрузку транспортного средства (S_{14}).

Имитационную модель можно представить в виде «черного ящика» (рис. 4), в котором множество входных данных преобразуется во множество выходных показателей функционирования моделируемой системы [2].

4. Предположения в имитационной модели

В имитационной модели делаются следующие предположения:

- 1) Для упрощения процесса моделирования склада в качестве основных сырьевых компонентов рассматриваются только щебень, песок, гравий и металл, причем не учитываются их марки.
- 2) На складе моделируются только основные технологические операции: приемка, разгрузка транспортного средства, хранение, отбор материала, загрузка транспортного средства и отгрузка материала со склада.
- 3) В модели точно определена вместимость каждой зоны склада.
- 4) Для упрощения процесса моделирования на производственном участке в качестве производимой продукции рассматриваются четыре основных видов изделий (опоры, откосы, сваи и плиты).
- 5) Стадии производственного процесса не моделируются в работе подробно.

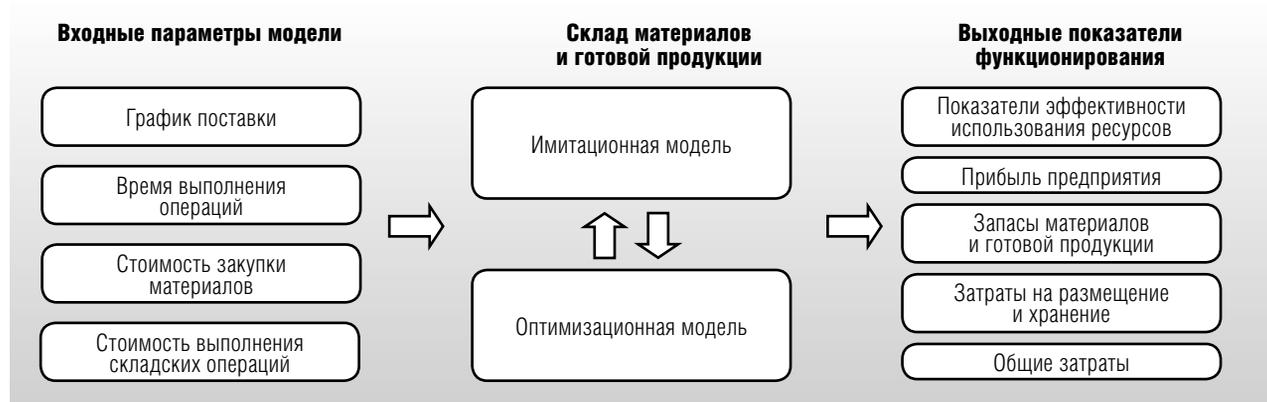


Рис. 4. Модель склада предприятия в форме «черного ящика»

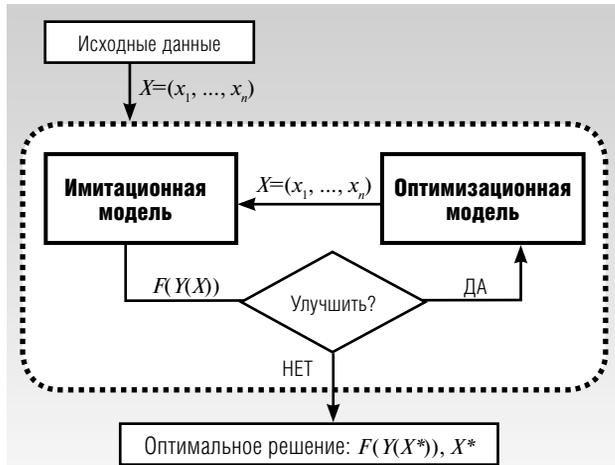


Рис. 5. Алгоритм взаимодействия оптимизационной и имитационной моделей

5. Оптимизационная и имитационная модели

Алгоритм взаимодействия оптимизационной и имитационной моделей представлен на рис. 5. Оптимизация заключается в последовательном выполнении нескольких прогонов модели с различными значениями параметров и нахождении оптимальных для данной задачи значений, при которых целевая функция достигает своего экстремума [3, 4, 5]. Процесс оптимизации включает в себя следующие шаги: задание допустимых значений переменных (вектор X) и выполнение прогона модели, получение вектора выходных показателей модели $Y(X)$ расчет и анализ значений целевой функции (величина $F(Y(X))$), изменение значений оптимизационных переменных в соответствии с алгоритмом оптимизации. Эти шаги повторяются до тех пор, пока целевая функция не достигнет своего экстремума (максимума) [6, 7].

6. Целевая функция оптимизационной модели

В оптимизационной задаче максимизируется прибыль предприятия от продажи продукции $F(Y(X))$. Прибыль вычисляется как разница между выручкой от реализации продукции и затратами на производство и реализацию продукции. Выручка от реализации продукции находится суммарно от продажи всей произведенной продукции (опоры, откосы, сваи, плиты). В состав общих затрат по созданию и поддержанию запасов на складе входят: стоимость закупки материала, включая доставку материала на склад; общая стоимость операций по

заказу и приемке материалов на складе; затраты на хранение сырья и готовой продукции; затраты на размещение готовой продукции на складе. Издержки по хранению запасов, в свою очередь, включают в себя: основную и дополнительную заработную плату работников склада и сотрудников отдела снабжения, связанных с работой склада; плату за основные фонды склада; текущие расходы на содержание склада; расходы на оплату управленческого персонала; затраты на работы, проводимые с хранимыми материалами.

Индексные обозначения оптимизационной модели:

s – индекс зоны хранения на складе, $s = 1, \dots, S, S = 6$;

p – индекс хранимого материала на складе,

$p = 1, \dots, P, P = 4$;

p_r – индекс хранимой готовой продукции на складе,

$p_r = 1, \dots, P_r, P_r = 4$;

p_a – индекс проданной готовой продукции на складе,

$p_a = 1, \dots, P_a, P_a = 4$;

v – индекс поставщика, $v = 1, \dots, V, V = 4$.

Нормативные коэффициенты затрат и стоимости:

c_{p_a} – стоимость единицы готовой продукции p_a ;

c_{pv} – затраты, связанные с закупкой и доставкой от поставщика v на склад материала p ;

c_{ps}^p – затраты, связанные со стоимостью операций по разгрузке материала p в зону хранения s склада;

c_{ps}^x – затраты, связанные с хранением тонны материала p на складе в зоне хранения s ;

c_{ps}^o – затраты, связанные со стоимостью операций по отгрузке материала p из зоны хранения s склада в бетоносмесительный узел;

$c_{p_a s}$ – затраты, связанные со стоимостью операций по разгрузке готовой продукции p_a в зону хранения s склада;

$c_{p_a s}^x$ – затраты, связанные со стоимостью операций по хранению готовой продукции p_a в зону хранения s склада.

Объемные показатели функционирования систем:

y_{p_a} – количество единиц проданной готовой продукции p_a ;

y_{pv} – количество тонн материала p , привезенного от поставщика v ;

y_{ps} – количество тонн материала p , разгруженного в зону s склада;

y_{ps}^x – количество тонн материала p , находящееся на хранение в зоне s склада;

y_{ps}^o – количество тонн материала p , отгруженного из зоны s склада;

$y_{p_a s}$ – количество единиц готовой продукции p_a , разгруженной в зону s склада;

$y_{p_a s}^x$ – количество единиц готовой продукции p_a , находящейся на хранение в зоне s склада.

Общую прибыль предприятия (1) можно математически описать следующей формулой:

$$F(Y(X)) = \max \left(\sum_{p_a} c_{p_a} \cdot y_{p_a} - \sum_{vp} c_{vp} \cdot y_{vp} - \sum_{ps} c_{ps}^o \cdot y_{ps}^o - \sum_{ps} c_{ps}^x \cdot y_{ps}^x - \sum_{ps} c_{ps}^o \cdot y_{ps}^o - \sum_{p_a s} c_{p_a s} \cdot y_{p_a s} - \sum_{p_a s} c_{p_a s}^x \cdot y_{p_a s}^x \right) \quad (1)$$

7. Параметры оптимизационной модели

Переменными оптимизационной модели (2) являются компоненты вектора

$$X = (x_{pv}) \quad (2)$$

где x_{pv} – объем поставки материала p от поставщика v .

8. Ограничения оптимизационной модели

Ограничения на количество привезенного материала на склад (3) задаются соотношениями:

$$u_{ps} \leq x_{pv} \leq v_{ps} \quad (3)$$

где u_{ps} – нижняя граница объема поставки материала p на склад s , v_{ps} – верхняя граница объема поставки материала p на склад s .

9. Имитационная модель в программной среде ExtendSim

В качестве инструмента разработки и реализации имитационной модели выбрана система имитационного моделирования ExtendSim, которая является современным инструментом для разработки моделей и проведения с ними экспериментов. При помощи этой системы можно разрабатывать имитационные модели реальных процессов для различных областей производства и логистики.

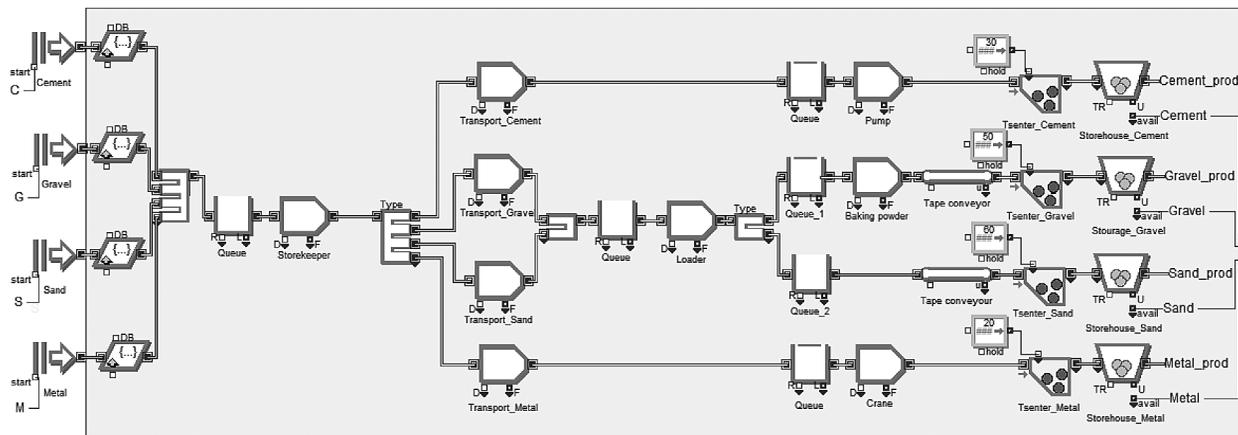


Рис. 6. Фрагмент имитационной модели, воспроизводящий входной поток склада материалов

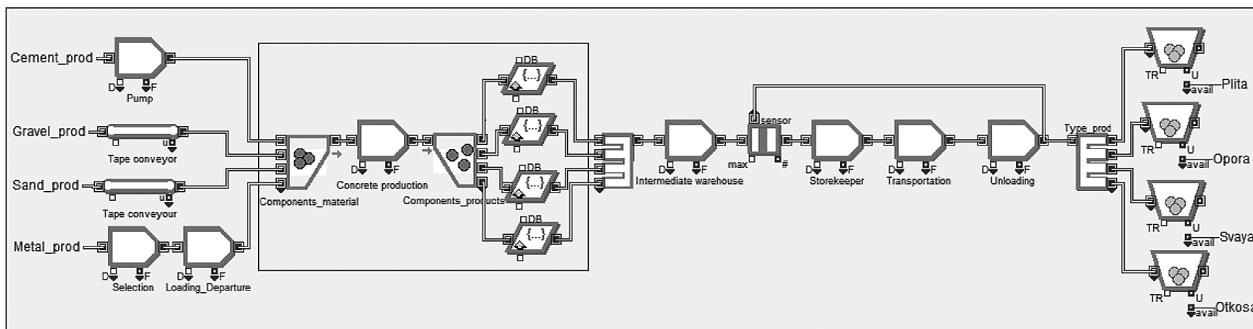


Рис. 7. Фрагмент имитационной модели, воспроизводящий выходной поток склада материалов, процесс производства и входной поток склада готовой продукции

Таблица 1.

Характеристики пунктов обслуживания на складе

Процессы	Характеристики	Средняя длина очереди, шт.	Среднее время пребывания в очереди, мин.	Максимальное время ожидания, мин.	Коэффициент загрузки, %
Пункт приемки материалов		0,35	18,6	60	0,34
Пункт разгрузки цемента		нет	нет	нет	0,048
Пункт разгрузки склада инертных материалов		0,06	4,56	27	0,38
Пункт разгрузки металла		нет	нет	нет	0,11
Пункт приемки готовой продукции		8	40	81	0,96
Пункт разгрузки готовой продукции		8	40	81	0,96

Структура имитационной модели в ExtendSim имеет блочную структуру: все модели состоят из блоков, а блоки организованы в библиотеки [8]. Каждый блок имеет удобные средства анализа статистических данных в режиме реального времени. В ходе построения данной модели использовались блоки стандартных библиотек (Discrete Event, Value и Item). Имитационная модель представлена на рис. 6 и 7. На рис. 6 моделируется входной поток склада материалов, а на рис. 7 – выходной поток склада материалов, процесс производства и входной поток склада готовой продукции.

При создании, отладке и демонстрации имитационных моделей в пакете ExtendSim часто применяется компьютерная анимация 2D-3D (библиотека – Animation 2D-3D) [9]. В данной работе анимация использовалось для доказательства правильности работы имитационной модели, проверки соответствия модели объекту моделирования (т.е. для верификации модели). Кроме того, модель была проверена на адекватность работниками склада, которые подтвердили соответствие результатов моделирования реальным условиям функционирования склада.

10. Анализ результатов моделирования и оптимизации складского процесса

Единица времени моделирования – минута, длительность моделируемого процесса – один месяц. После построения модели было проведено несколько пробных прогонов и найдены такие усредненные показатели функционирования склада, как средняя длина каждой очереди (см. рис. 3), среднее время пребывания в очереди, максимальное время ожидания и коэффициент загрузки. Результаты процесса моделирования представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что небольшие очереди присутствуют в пункте приемки материалов. Самые большие очереди наблюдаются в пунктах приемки и разгрузки готовой продукции. Коэффициент загрузки в этих пунктах также достаточно высок и в среднем равен 96%, что соответствует полной занятости работников склада и имеющегося оборудования. Это говорит об эффективном использовании оборудования и людских ресурсов. Анализируя результаты имитации, можно сделать следующий вывод: существующей пропускной способности склада недостаточно для обслуживания текущего грузопотока. Необходимо провести дополнительные эксперименты, позволяющие эффективно организовать работу склада.

В табл. 2 представлены результаты выполнения пяти оптимизационных экспериментов с имитационной моделью. Видно, что оптимальные значения входных переменных модели совпадают, а значения целевой функции незначительно отличаются друг от друга, что объясняется стохастическим характером модели.

Таблица 2.

Результаты оптимизационных экспериментов с имитационной моделью

№ оптимизационного эксперимента	x_1 [т]	x_2 [т]	x_3 [т]	x_4 [т]	$F(Y(X))$ [руб.]
1	25	70	70	25	2 203794
2	25	70	70	25	2 195651
3	25	70	70	25	2199739
4	25	70	70	25	2213024
5	25	70	70	25	2215104

На рис. 8 представлен процесс приближения целевой функции к оптимальному значению в ходе

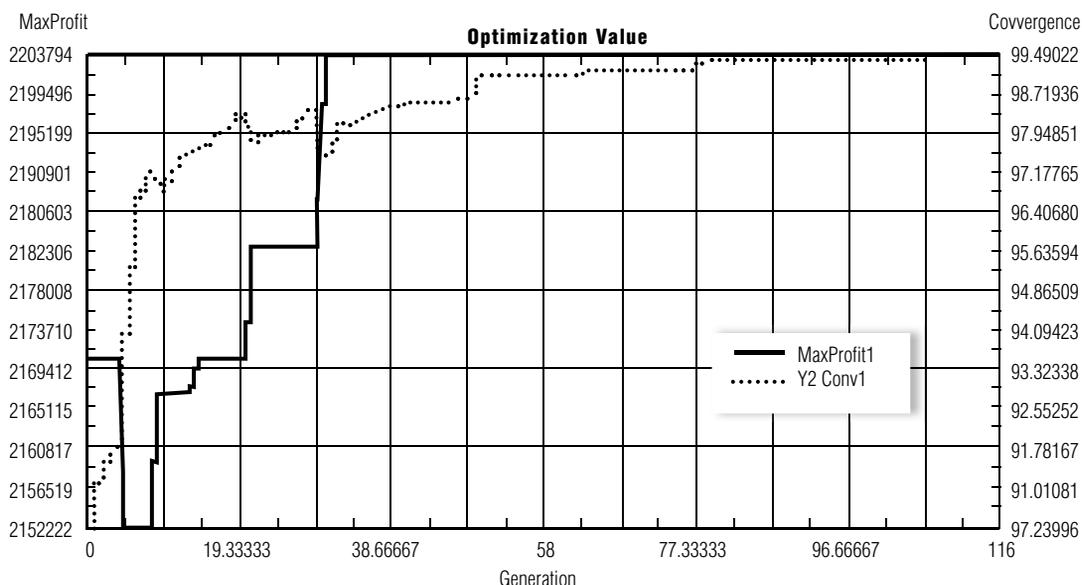


Рис. 8. Значения целевой функции в процессе оптимизации

Таблица 3.

Затраты на эксплуатацию склада

Наименование показателей	I неделя	II неделя	III неделя	IV неделя	Всего
Затраты на закупку сырья, руб.	2 485 750	1 261 200	1 959 400	1 574 800	7 281 150
Затраты на доставку, руб.	188 000	116 500	147 000	124 500	576 000
Затраты на размещение, руб.	21 865	19420	20 440	19 680	81 405
Затраты на хранение, руб.	24 390	35 280	41 320	23 450	124 440
Суммарные затраты, руб.	2 720 005	1 432 400	2 168 160	1 742 430	8 062 995

выполнения первого оптимизационного эксперимента, на оси абсцисс обозначен номер прогона модели оптимизации, а на оси ординат — максимальное значение целевой функции.

График на рис. 8 показывает, что поиск оптимального решения начинается со стартового начального значения, равного 2 152 222 руб. В ходе процесса оптимизации значение целевой функции увеличивается, пока не достигнет своего оптимального значения, равного 2203 794 руб. Каждое промежуточное решение с помощью эволюционного алгоритма исследуется и улучшается при оптимальных объемах поставки. Наборы наилучших параметров каждого решения используются для вычисления других более лучших решений. Процесс оптимизации продолжается до того момента, когда алгоритм уже не может улучшить полученное решение.

Суммарные затраты на эксплуатацию склада за весь период моделирования приведены в табл. 3. Большую часть из общих затрат составляют затраты на закупку сырья и на его доставку.

11. Проведение экспериментов с оптимизационной имитационной моделью

Эксперименты с имитационной оптимизационной моделью позволили найти ответы на следующие вопросы:

1) Возможно ли обрабатывать и хранить на существующем складе в 1,5-2 раза больше сырьевых материалов каждой категории, необходимых в производстве?

Ответ: возможно, так как на каждом из них достаточно свободного места для хранения материалов.

2) Как повлияет на производительность увеличение количества сотрудников склада до двух человек в пункте приемки готовой продукции?

Ответ: пропускная способность пункта увеличится в 1,5 раза, очередь сократится.

3) Как повлияет закупка новых 2-х погрузчиков на работу склада инертных материалов?

Ответ: закупка двух новых погрузчиков не счита-

ется целесообразной. Однако, закупка одного дополнительного погрузчика позволит значительно уменьшить очередь на этом пункте.

4) Если темпы поступления материалов на склад будут увеличены в 2 раза, то как это повлияет на работу бригады грузчиков, занимающейся размещением поступившего груза?

Ответ: если темпы поступления сырья на складе будут увеличены в 2 раза без дополнительных изменений в структуре и склада, то это приведет к большим очередям и снижению уровня производительности. Увеличение темпов поступления материалов на складе возможно только при закупке дополнительного погрузчика и использовании дополнительного работника склада в пункте приемки готовой продукции.

12. Заключение

В ходе выполнения исследования была построена имитационная оптимизационная модель склада промышленного предприятия по производству бетона в программной среде ExtendSim, позволяющая находить наилучший режим работы склада. Модель была построена с целью исследования проблемы возникновения очередей на территории склада и минимизации суммарных складских затрат.

Основные показатели функционирования склада после выполнения оптимизации значительно улучшились. Эффект от применения оптимизационной имитационной модели в управлении складом заключается в том, что показатели его функционирования могут быть улучшены до 15%. Это позволяет

значительно сократить расходы на организацию доставки и хранения материалов, приводит к рационализации распределения складских запасов, что способствует, с одной стороны, к снижению уровня запасов, а с другой, к восполнению нехватки материалов на складах.

Разработанная модель позволяет решать разнообразные задачи типа «что будет, если ...», относящиеся к анализу поведения объекта моделирования. Имитационная оптимизационная модель в планировании деятельности склада позволяет повысить своевременность обеспечения сырьем, повысить точность учета материалов и складских операций, сократить уровень складских запасов сырья и готовой продукции, уменьшить затраты на хранение материала, увеличить производительность труда на складе, анализировать количественные показатели работы склада.

13. Благодарности

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Разработка оптимизационной имитационной модели промышленного предприятия» (регистрационный номер проекта – 11.7192.2013) аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» Министерства образования и науки Российской Федерации и Германской службы академических обменов (DAAD) в Институте организации и автоматизации производства общества Фраунгофера (Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Магдебург, Германия). ■

Литература

1. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики. СПб: Питер. 2008. 448 с.
2. Law A.M., McComas M.G. Simulation-based optimization // Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference. 2000. P. 46–49.
3. Fu M.C., Glover F.W., April J. Simulation optimization: A review, new development, and applications // Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. 2005. P. 237–251.
4. Fahimnia B., Luong L., Marian R. An integrated model for the optimization of a two-echelon supply network // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. 2008. Vol. 31, Issue 2. P. 477–484.
5. Parikh P.J., Zhang X., Sainathuni B. Distribution planning considering warehousing decisions // Material Handling Institute, 2010. P. 1–15.
6. Biethahn J., Lackner A., Range M., Brodersen O. Optimierung und simulation. Oldenburg: Wissenschaftsverlag GmbH, 2004. 315 p.
7. Pichitlamken P., Nelson B.L. Optimization via simulation: A combined procedure for optimization via simulation // Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 2002. P. 292–300.
8. Krahl D. ExtendSim 7 // Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, 2008. P. 215–221.
9. Krahl D. The extend simulation environment // Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, 2001. P. 217–225.

A SIMULATION MODEL OF A WAREHOUSE OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE FOR CONCRETE PRODUCTION

Olga BABINA

Senior Lecturer, Department of Economics and Management of Business Processes,
Institute of Business Processes Management and Economics, Siberian Federal University

Address: 26a, Kirenskogo street, Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation

E-mail: babina62@yahoo.com

Simulation is an effective tool, which may be applied for warehouse systems planning and management. Using of simulation is related with development of a computer program and carrying out a series of experiments, allowing to define optimal scenarios of warehousing processes. During the past ten years the concept of simulation optimization was developed. Using the concept optimization software is integrated into simulation systems, allowing users to find optimal solutions automatically. A simulation optimization model can be defined as a process of discovering the best set of initial variables of the model for assessment of each of possible solutions, without participation of users. The main objective of simulation optimization modeling of a warehousing system is gaining of information about the system that is critical for efficient decision making regarding minimization of resources used in the warehouse.

The article describes a practical case study of building simulation and optimization models for a warehouse of an industrial concrete enterprise. Warehouse system processes are modeled in ExtendSim environment, and enterprise profit is optimized with the use of evolutionary algorithm. The optimization model has been executed by means of Optimizer software integrated into ExtendSim. The modeling purpose is to examine the impact of stock management strategies parameters on warehouse performance and to maximize enterprise profit from product sales. The paper presents the description of the model building process and simulation outputs. The simulation optimization model in warehouse activity planning enables to increase the accuracy of accounting of materials and warehouse operations, to reduce the level of warehouse stocks, to reduce costs of material storage, to increase labor productivity in a warehouse and to analyze quantitative indicators of warehouse performance.

Key words: industrial enterprise, warehouse, simulation, discrete-event simulation, optimization, evolutionary algorithm, ExtendSims software package.

Citation: Babina O.I. (2015) Imitacionnaja model' sklada promyshlennogo predpriatija po proizvodstvu betona [A simulation model of a warehouse of an industrial enterprise for concrete production]. *Business Informatics*, no. 1 (31), pp. 41–50 (in Russian).

References

1. Lukinskiy V.S. (2008) *Modeli i metody teorii logistiki* [Models and methods of the theory of logistics]. Saint Petersburg: Piter. (in Russian).
2. Law A.M., McComas M.G. (2000) Simulation-based optimization. *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, pp. 46–49.
3. Fu M.C., Glover F.W., April J. (2005) Simulation optimization: A review, new development, and applications. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, pp. 237–251.
4. Fahimnia B., Luong L., Marian R. (2008) An integrated model for the optimization of a two-echelon supply network. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 31, issue 2, pp. 477–484.
5. Parikh P.J., Zhang X., Sainathuni B. (2010) Distribution planning considering warehousing decisions. *Material Handling Institute*, pp. 1–15.
6. Biethahn J., Lackner A., Range M., Brodersen O. (2004) *Optimierung und simulation*, Oldenburg: Wissenschaftsverlag GmbH.
7. Pichitlamken P., Nelson B.L. (2002) Optimization via simulation: A combined procedure for optimization via simulation. *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, pp. 292–300.
8. Krahl D. (2008) ExtendSim 7. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, pp. 215–221.
9. Krahl D. (2001) The extend simulation environment. *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*, pp. 217–225.