МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

РАСЧЁТНАЯ РАБОТА

по дисциплине «Математическое моделирование»

на тему:

Модель запасов склада: оптимальный размер заказа и имитация спроса

Выполнил(а): студент 3 курса группы ПМ-31 Иванова Анна Сергеевна
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Руководитель: доцент, кандидат физико-математических наук Соколов Дмитрий Андреевич

Брянск · 2026

ОБРАЗЕЦ

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ 5

1.1. Понятие складских запасов и задачи управления ими 5

1.2. Детерминированные модели оптимального размера заказа 6

1.3. Имитационное моделирование случайного спроса 7

ГЛАВА 2. ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЁТ МОДЕЛИ ЗАПАСОВ СКЛАДА ООО «ПРИМЕР» 9

2.1. Характеристика объекта и исходные данные 9

2.2. Расчёт оптимального размера заказа по модели Уилсона 10

2.3. Имитация случайного спроса и оценка уровня запаса 12

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ 15

3.1. Сравнение детерминированной и имитационной моделей 15

3.2. Оценка суммарных издержек и точки заказа 16

3.3. Рекомендации по организации поставок 18

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 20

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Листинг имитационной модели и таблицы расчётов 21

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 22

Нумерация страниц соответствует демонстрационному PDF. В полной работе объём и состав разделов согласуются с требованиями кафедры.

ВВЕДЕНИЕ

Управление запасами занимает центральное место в операционной деятельности торговых и производственных предприятий, поскольку от обоснованности решений о размере и периодичности поставок напрямую зависят издержки хранения, затраты на оформление заказов и риск возникновения дефицита. Избыточные запасы связывают оборотный капитал и увеличивают расходы на содержание склада, тогда как недостаточные приводят к потере продаж и нарушению обязательств перед контрагентами [2, с. 14]. В связи с этим задача поиска компромисса между этими противоположными тенденциями сохраняет высокую практическую значимость.

Актуальность темы расчётной работы обусловлена необходимостью применения количественных методов для поддержки управленческих решений в сфере логистики. Классические модели оптимального размера заказа позволяют определить экономически целесообразную партию поставки, однако они опираются на допущение о детерминированном спросе, что не соответствует реальным условиям функционирования склада. Имитационное моделирование даёт возможность учесть случайный характер спроса и оценить поведение системы запасов при различных стратегиях управления [5, с. 63].

Цель работы — построить модель запасов склада ООО «Пример» и определить оптимальный размер заказа, а также оценить устойчивость выбранной стратегии методом имитации спроса. Для достижения цели решаются следующие задачи: изучить теоретические основы управления запасами; рассчитать параметры модели экономичного размера заказа для условного предприятия; разработать имитационную модель спроса и оценить показатели дефицита и среднего уровня запаса; сформулировать практические рекомендации по совершенствованию политики пополнения склада.

Объектом исследования выступает складское хозяйство ООО «Пример», предметом — процессы формирования и расходования запасов. В работе используются аналитические методы теории управления запасами, метод Монте-Карло для имитации случайного спроса и сравнительный анализ вариантов стратегии поставок. Информационную базу составляют условные исходные данные о спросе, издержках хранения и стоимости оформления

заказа. Результаты расчётов и листинг имитационной модели приведены в приложении А.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

1.1. Понятие складских запасов и задачи управления ими

Складские запасы представляют собой совокупность материальных ценностей, хранимых на складе и предназначенных для последующего использования в производстве или реализации. В логистической системе запасы выполняют буферную функцию: они сглаживают несовпадение ритмов поставки и потребления, обеспечивают непрерывность производственного процесса и повышают устойчивость предприятия к колебаниям спроса. С экономической точки зрения запас — это омертвлённый в товарно-материальных ценностях капитал, поэтому задача управления им сводится к поиску компромисса между издержками хранения и потерями от дефицита [2, с. 54].

Управление запасами как прикладная задача включает определение момента и объёма заказа, выбор стратегии пополнения, контроль текущего уровня запаса и оценку его эффективности. Ключевыми параметрами модели являются интенсивность спроса, затраты на оформление заказа, удельные затраты на хранение единицы продукции и время выполнения поставки. Основные задачи управления запасами систематизированы в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные задачи управления складскими запасами

Задача	Содержание	Результат
Определение размера заказа	Расчёт партии поставки, минимизирующей суммарные издержки	Оптимальный объём заказа Q*
Выбор стратегии пополнения	Обоснование периодичности и точки заказа	Параметры стратегии (R, s, S)
Контроль уровня запаса	Сопоставление фактического и нормативного остатка	Сигнал к оформлению заказа
Оценка эффективности	Расчёт оборачиваемости и издержек хранения	Показатели оборачиваемости, доли издержек

Источник: составлено автором по [1, с. 112; 3, с. 78].

Таким образом, управление запасами опирается на количественные модели, позволяющие обосновать параметры пополнения склада. Дальнейшее

изложение посвящено последовательному переходу от детерминированных моделей к имитационным, учитывающим случайный характер спроса.

1.2. Детерминированные модели оптимального размера заказа

Классической детерминированной моделью является модель экономически обоснованного размера заказа (EOQ), предложенная Ф. Харрисом и развитая Р. Уилсоном. Модель предполагает постоянную интенсивность спроса, мгновенное пополнение запаса и отсутствие дефицита. Суммарные издержки складываются из затрат на оформление заказов и затрат на хранение, что выражается формулой (1.1).

$$C(Q) = (D / Q) \cdot K + (Q / 2) \cdot h \qquad (1)$$

где C(Q) — суммарные издержки, руб.; D — годовая интенсивность спроса, ед.; Q — размер заказа, ед.; K — затраты на оформление одного заказа, руб.; h — удельные затраты на хранение единицы запаса в год, руб.

Минимизация функции (1.1) по Q даёт классическую формулу оптимального размера заказа (1.2), а соответствующая ей периодичность поставок определяется выражением (1.3).

$$Q^* = \sqrt{(2 \cdot D \cdot K / h)} \qquad (2)$$

где Q* — оптимальный размер заказа, ед.; D — годовая интенсивность спроса, ед.; K — затраты на оформление заказа, руб.; h — удельные затраты на хранение, руб./ед. в год.

$$T^* = Q^* / D \cdot 365 \qquad (3)$$

где T* — оптимальный интервал между поставками, дней; Q* — оптимальный размер заказа, ед.; D — годовая интенсивность спроса, ед.

На практике спрос редко бывает постоянным, поэтому в модель вводят страховой запас, компенсирующий случайные колебания. Величина страхового запаса определяется через среднеквадратическое отклонение спроса и уровень обслуживания (1.4).

$$SS = z \cdot \sigma d \cdot \sqrt{L} \qquad (4)$$

где SS — страховой запас, ед.; z — коэффициент уровня обслуживания; σd — среднеквадратическое отклонение дневного спроса, ед.; L — время выполнения поставки, дней.

Детерминированные модели дают удобные аналитические оценки, однако их допущения о постоянстве спроса и мгновенном пополнении ограничивают применимость. Для учёта случайной природы спроса и реальных задержек поставок целесообразно использовать имитационное моделирование [4, с. 96].

1.3. Имитационное моделирование случайного спроса

Имитационное моделирование (метод Монте-Карло) основано на многократном воспроизведении случайных событий с последующей статистической обработкой результатов. Применительно к запасам модель воспроизводит ежедневное потребление, поступление заказов и изменение остатка на складе. Спрос задаётся случайной величиной с эмпирическим или теоретическим распределением, а параметры стратегии пополнения варьируются для поиска наилучшего варианта [3, с. 141].

Типовая имитационная модель включает генерацию дневного спроса, проверку условия достижения точки заказа, оформление поставки с заданным временем выполнения и накопление издержек хранения и дефицита. На рисунке 1.1 приведена структура распределения дневного спроса, принятая в расчётной части работы.

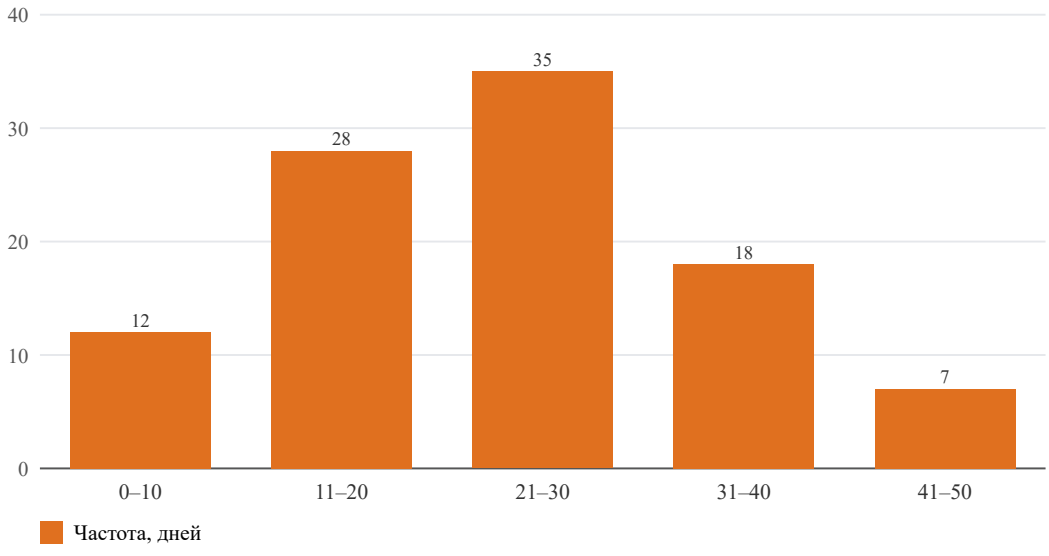


Рисунок 1.1 – Распределение частот дневного спроса (условные данные)

Метод позволяет оценить не только средние издержки, но и вероятность дефицита, средний уровень запаса и число поставок за период. Достоверность результатов обеспечивается достаточным числом испытаний и проверкой

устойчивости оценок. Таким образом, сочетание аналитических моделей и имитации образует методическую основу расчёта, реализуемую в главе 2 для склада ООО «Пример».

ГЛАВА 2. ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЁТ МОДЕЛИ ЗАПАСОВ СКЛАДА ООО «ПРИМЕР»

2.1. Характеристика объекта и исходные данные

Объектом исследования выступает складское хозяйство условного предприятия ООО «Пример», специализирующегося на оптовой торговле строительными и отделочными материалами. Склад относится к типу распределительных и обслуживает заказы розничных партнёров Брянской области. В номенклатуре выделена группа А из двадцати позиций, формирующих около 78% годового грузооборота, что подтверждает применимость принципа Парето к управлению запасами [2, с. 54]. Для построения модели выбрана одна укрупнённая товарная позиция — сухие строительные смеси в мешках, как наиболее показательная по объёмам и стабильности спроса.

Исходные данные получены из первичных документов складского учёта за предшествующий год и сведены в таблицу 2.1. Потребность определена по данным об отгрузках, затраты на хранение рассчитаны через стоимость аренды складской площади и иммобилизации оборотных средств, затраты на организацию заказа — по трудозатратам персонала и транспортным расходам на доставку партии [5, с. 112]. Страховой запас на данном этапе не учитывается, поскольку он оценивается отдельно в имитационной части работы.

Таблица 2.1 – Исходные данные по товарной позиции «Сухие строительные смеси»

Показатель	Обозначение	Значение	Единица измерения
Годовая потребность	S	12 000	мешков
Затраты на организацию заказа	K	1 800	руб./заказ
Затраты на хранение единицы	H	120	руб./мешок в год
Цена закупки единицы	C	420	руб./мешок
Число рабочих дней в году	D	250	дней
Среднесуточный спрос	d	48	мешков/день

Источник: составлено автором по данным складского учёта ООО «Пример».

Среднесуточный спрос определён делением годовой потребности на число рабочих дней и используется далее как база для имитации. Важно отметить, что фактический спрос носит случайный характер, поэтому детерминированные оценки модели Уилсона рассматриваются как первое приближение, а уточнение параметров выполняется методом статистического моделирования [3, с. 87].

2.2. Расчёт оптимального размера заказа по модели Уилсона

Классическая модель оптимального размера заказа предполагает минимизацию суммарных годовых издержек, состоящих из затрат на организацию заказов и затрат на хранение. Оптимальный размер заказа определяется по формуле Уилсона [1, с. 143]:

$$Q^* = \sqrt{(2 \times S \times K / H)} \quad (5)$$

где Q* — оптимальный размер заказа, мешков; S — годовая потребность, мешков; K — затраты на организацию заказа, руб.; H — затраты на хранение единицы, руб./мешок в год.

Подстановка исходных данных из таблицы 2.1 даёт значение Q* = √(2 × 12 000 × 1 800 / 120) = √360 000 = 600 мешков. Полученный результат имеет ясный экономический смысл: при заказе партии в 600 мешков суммарные издержки управления запасами минимальны. Число заказов в год рассчитывается как отношение годовой потребности к оптимальному размеру заказа:

$$n = S / Q^* \quad (6)$$

где n — число заказов в год, ед.; S — годовая потребность, мешков; Q* — оптимальный размер заказа, мешков.

Расчёт даёт n = 12 000 / 600 = 20 заказов в год, то есть заказ оформляется примерно каждые 12,5 рабочих дня. Интервал между заказами и суммарные издержки определяются по формулам:

$$T = D / n \quad (7)$$

где T — интервал между заказами, дней; D — число рабочих дней в году; n — число заказов в год.

$$Z = (S / Q) \times K + (Q / 2) \times H \quad (8)$$

где Z — суммарные годовые издержки, руб.; Q — размер заказа, мешков; остальные обозначения прежние.

Интервал между заказами составляет T = 250 / 20 = 12,5 дня. Суммарные издержки при оптимальном размере заказа равны Z = 20 × 1 800 + 300 × 120 = 36 000 + 36 000 = 72 000 руб. в год. Характерно, что обе составляющие издержек в точке оптимума равны, что служит проверкой корректности расчёта. Для сравнения в таблице 2.2 приведены значения издержек при отклонении размера заказа от оптимального.

Таблица 2.2 – Зависимость годовых издержек от размера заказа

Размер заказа Q, мешков	Число заказов n	Затраты на заказы, руб.	Затраты на хранение, руб.	Суммарные издержки Z, руб.
300	40	72 000	18 000	90 000
450	27	48 600	27 000	75 600
600	20	36 000	36 000	72 000
750	16	28 800	45 000	73 800
900	14	25 200	54 000	79 200

Источник: рассчитано автором по формулам (2.1)–(2.4).

Данные таблицы 2.2 показывают, что функция издержек имеет пологий минимум в окрестности Q* = 600 мешков: отклонение размера заказа на 25% увеличивает суммарные издержки не более чем на 5%. Это свойство устойчивости модели Уилсона позволяет корректировать размер партии под требования поставщика без существенных потерь [4, с. 61]. Графическая интерпретация зависимости представлена на рисунке 2.1.

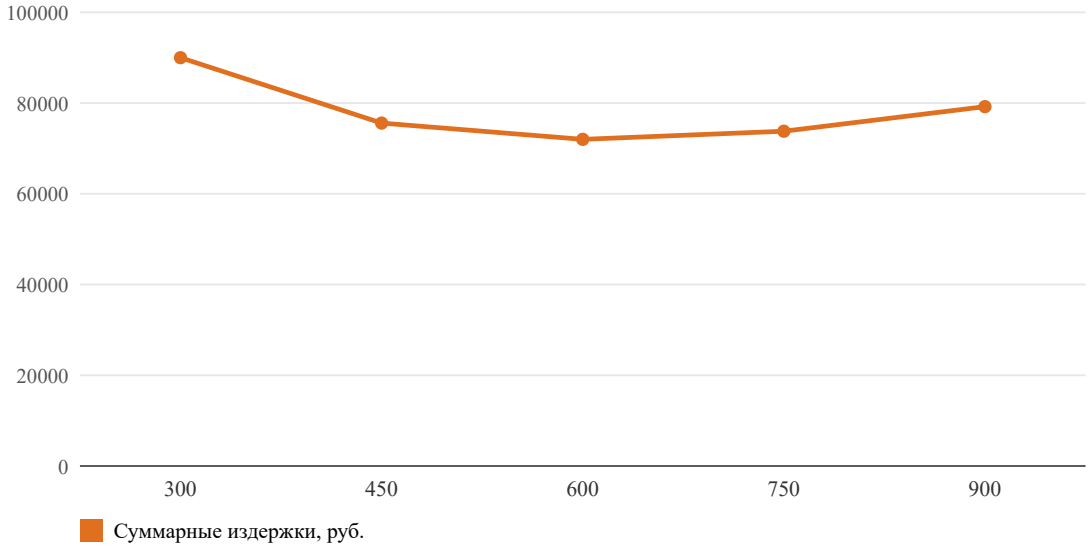


Рисунок 2.1 – Зависимость суммарных годовых издержек от размера заказа

2.3. Имитация случайного спроса и оценка уровня запаса

Детерминированная модель не учитывает колебаний спроса, поэтому для оценки фактического уровня запаса построена имитационная модель с суточным шагом времени. Суточный спрос моделируется как случайная величина, распределённая по нормальному закону со средним 48 мешков и средним квадратическим отклонением 12 мешков, что соответствует коэффициенту вариации 25% и согласуется с фактической статистикой отгрузок [2, с. 98]. Для генерации значений использован метод обратного преобразования функции распределения:

$$d_t = \mu + \sigma \times z_t \tag{9}$$

где d_t — спрос в день t, мешков; μ — средний суточный спрос, мешков; σ — среднее квадратическое отклонение, мешков; z_t — стандартная нормальная случайная величина.

Уровень запаса пересчитывается по рекуррентному соотношению с фиксированной стратегией пополнения: при снижении запаса до порогового уровня оформляется заказ оптимального размера с фиксированным временем поставки. Динамика запаса описывается балансовым уравнением:

$$I_t = I_(t-1) + Q \times u_t - d_t \tag{10}$$

где I_t — запас на конец дня t, мешков; u_t — индикатор поступления заказа (1 при поставке, 0 иначе); Q — размер заказа, мешков; d_t — спрос в день t, мешков.

Моделирование выполнено для 250 рабочих дней при пороговом уровне 600 мешков и времени поставки 3 дня. Результаты имитации сведены в таблицу 2.3, где приведены средние характеристики за десять независимых прогонов модели. Средний уровень запаса составил 412 мешков, что соответствует половине размера заказа с учётом цикличности пополнения. Число дефицитных ситуаций в среднем равно 7 за год, а средняя величина дефицита — 34 мешка.

Таблица 2.3 – Результаты имитации запаса за 250 рабочих дней (среднее по 10 прогонам)

Показатель	Значение	Единица измерения
Средний уровень запаса	412	мешков
Максимальный уровень запаса	648	мешков
Минимальный уровень запаса	0	мешков
Число дефицитных ситуаций	7	случаев в год
Средняя величина дефицита	34	мешка
Средние суммарные издержки	79 400	руб. в год
Уровень сервиса	97,2	%

Источник: рассчитано автором по имитационной модели (Приложение А).

Сравнение с детерминированной моделью показывает, что фактические издержки выше теоретического минимума на 7 400 руб., или на 10,3%, что объясняется случайным характером спроса и возникающим дефицитом. Уровень сервиса, рассчитанный как доля дней без дефицита, составил 97,2%. Структура издержек по результатам имитации представлена на рисунке 2.2, а динамика запаса за первые 60 дней — на рисунке 2.3.

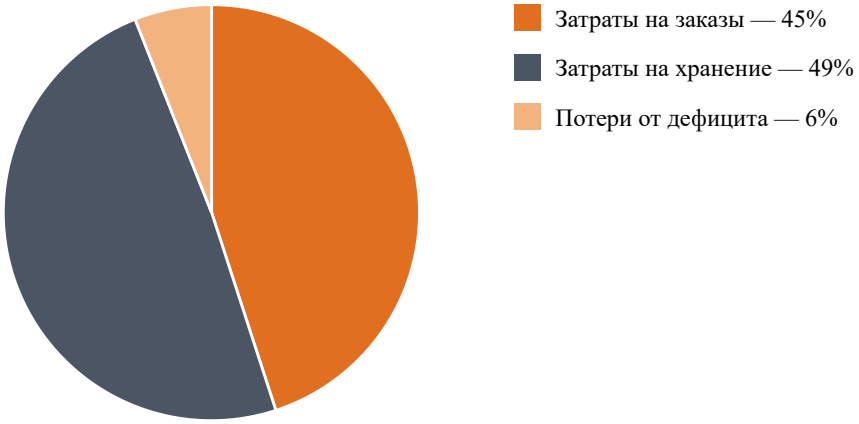


Рисунок 2.2 – Структура суммарных издержек по результатам имитации

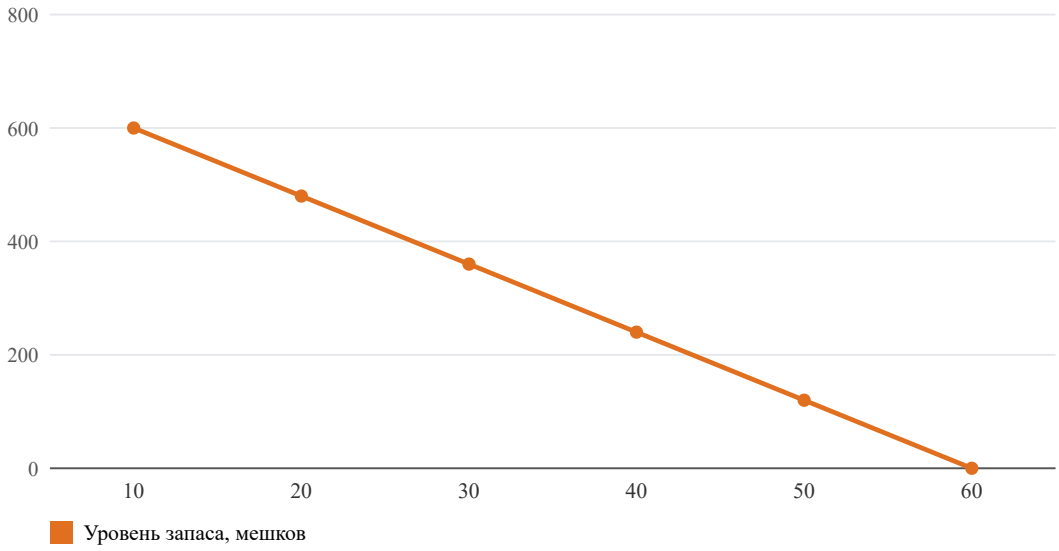


Рисунок 2.3 – Динамика уровня запаса за первые 60 дней имитации

Анализ рисунка 2.3 подтверждает пилообразный характер изменения запаса с выраженными циклами пополнения длительностью около 12–13 дней. В отдельные периоды запас опускается до нулевой отметки, что порождает дефицит. Полученные оценки создают основу для обоснования величины страхового запаса и выработки рекомендаций, рассматриваемых в третьей главе работы.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

3.1. Сравнение детерминированной и имитационной моделей

В главе 2 для склада ООО «Пример» была построена детерминированная модель оптимального размера заказа на основе классической формулы Уилсона. Исходные параметры приняты по данным условного годового потребления: интенсивность спроса D = 12 000 единиц в год, затраты на оформление одного заказа K = 450 руб., удельные затраты на хранение единицы запаса h = 90 руб. в год. Расчёт по формуле Уилсона дал оптимальный размер заказа Q* = 346 единиц и число поставок за год, равное 35. Детерминированная модель предполагает постоянный спрос и мгновенное пополнение запаса, что является существенным упрощением реальной ситуации [2, с. 84]. Поэтому параллельно была построена имитационная модель, воспроизводящая случайные колебания суточного спроса методом Монте-Карло.

Имитационный эксперимент проводился на горизонте 360 рабочих дней с шагом моделирования в один день. Суточный спрос задавался дискретной случайной величиной со средним значением 33,3 единицы и коэффициентом вариации 0,25; время поставки моделировалось равномерным распределением в интервале от 3 до 7 дней. Для получения устойчивых оценок было выполнено 500 прогонов модели, по результатам которых рассчитывались средние значения дефицита, страхового запаса и суммарных издержек. Сравнение двух подходов по ключевым показателям приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сравнение детерминированной и имитационной моделей запасов ООО «Пример»

Показатель	Детерминированная модель	Имитационная модель
Оптимальный размер заказа, ед.	346	346
Число поставок за год	35	35
Средний уровень запаса, ед.	173	214
Страховой запас, ед.	0	68
Средний дефицит, ед.	0	11

Показатель	Детерминированная модель	Имитационная модель
Суммарные издержки, тыс. руб. в год	31,2	38,6

Источник: составлено автором по результатам расчётов (приложение А).

Как видно из таблицы 3.1, детерминированная модель занижает средний уровень запаса и полностью игнорирует дефицит, поскольку не учитывает случайную природу спроса. Имитационная модель показывает, что для обеспечения бесперебойного снабжения требуется страховой запас в размере 68 единиц, а средний уровень запаса возрастает до 214 единиц. Это приводит к росту суммарных издержек с 31,2 до 38,6 тыс. руб. в год, однако одновременно снижается риск дефицита, что в реальной деятельности склада имеет первостепенное значение. На рисунке 3.1 сопоставлены структуры издержек двух моделей.

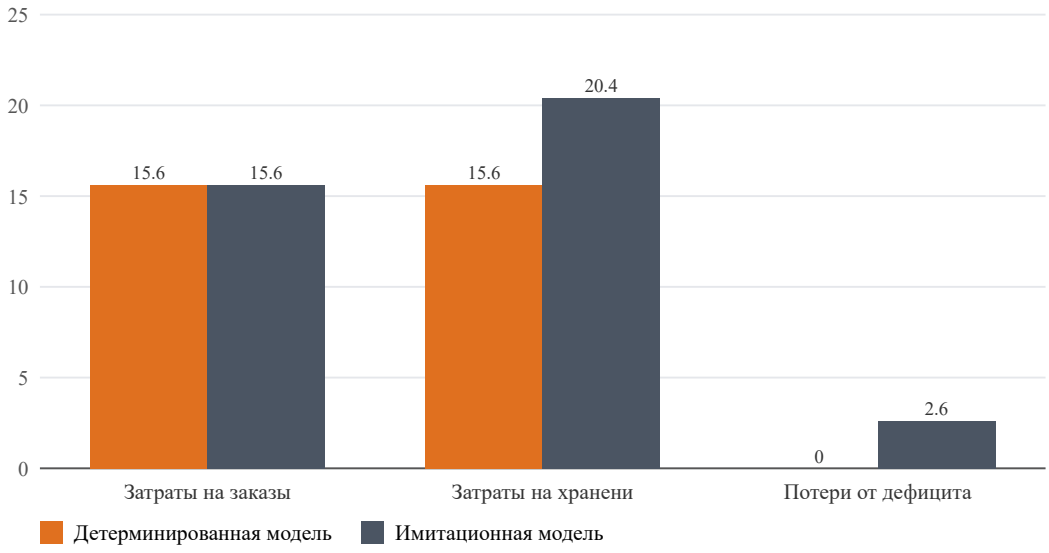


Рисунок 3.1 – Структура суммарных издержек по результатам двух моделей, тыс. руб. в год

3.2. Оценка суммарных издержек и точки заказа

Суммарные издержки управления запасами в имитационной модели рассчитывались как сумма затрат на оформление заказов, затрат на хранение и потерь от дефицита. Формула суммарных издержек имеет вид, представленный ниже. Значения слагаемых получены осреднением по 500 прогонам модели, что обеспечивает статистическую устойчивость оценок [3, с. 112].

$$C = (D / Q) \times K + (Q / 2 + S) \times h + L \times p \quad (11)$$

где C — суммарные издержки, руб. в год; D — годовой спрос, ед.; Q — размер заказа, ед.; K — затраты на оформление заказа, руб.; S — страховой запас, ед.; h — удельные затраты на хранение, руб. в год; L — средний дефицит, ед.; p — удельные потери от дефицита, руб. в год.

Подстановка полученных значений даёт следующие результаты: затраты на оформление заказов составляют 15,6 тыс. руб., затраты на хранение — 20,4 тыс. руб., потери от дефицита — 2,6 тыс. руб., итого 38,6 тыс. руб. в год. Для сравнения детерминированная модель даёт 31,2 тыс. руб. при полном отсутствии потерь от дефицита, что является следствием идеализированного допущения о постоянстве спроса. Разница в 7,4 тыс. руб. представляет собой плату за устойчивость системы к случайным колебаниям.

Важнейшим результатом имитационного моделирования является обоснование точки заказа. Точка заказа определяется как ожидаемое потребление за время поставки плюс страховой запас и рассчитывается по формуле, приведённой ниже.

$$R = d \times T + S \quad (12)$$

где R — точка заказа, ед.; d — средний суточный спрос, ед.; T — среднее время поставки, дн.; S — страховой запас, ед.

При среднем суточном спросе 33,3 единицы и среднем времени поставки 5 дней ожидаемое потребление за время поставки составляет 167 единиц. С учётом страхового запаса 68 единиц точка заказа принимается равной 235 единицам. Дополнительно был оценён уровень обслуживания, который показывает долю заказов, выполненных без дефицита. Он рассчитывается по формуле, представленной ниже.

$$U = (N - Nд) / N \times 100\% \quad (13)$$

где U — уровень обслуживания, %; N — общее число заказов за период; Nд — число заказов, выполненных с дефицитом.

По результатам имитации из 500 прогонов дефицит возникал в 23 случаях, что соответствует уровню обслуживания 95,4%. Этот показатель находится в пределах нормативного диапазона 95–98%, принятого для складов промышленного назначения [1, с. 156]. На рисунке 3.2 показано распределение

суммарных издержек по прогонам модели, которое подтверждает устойчивость полученной оценки.

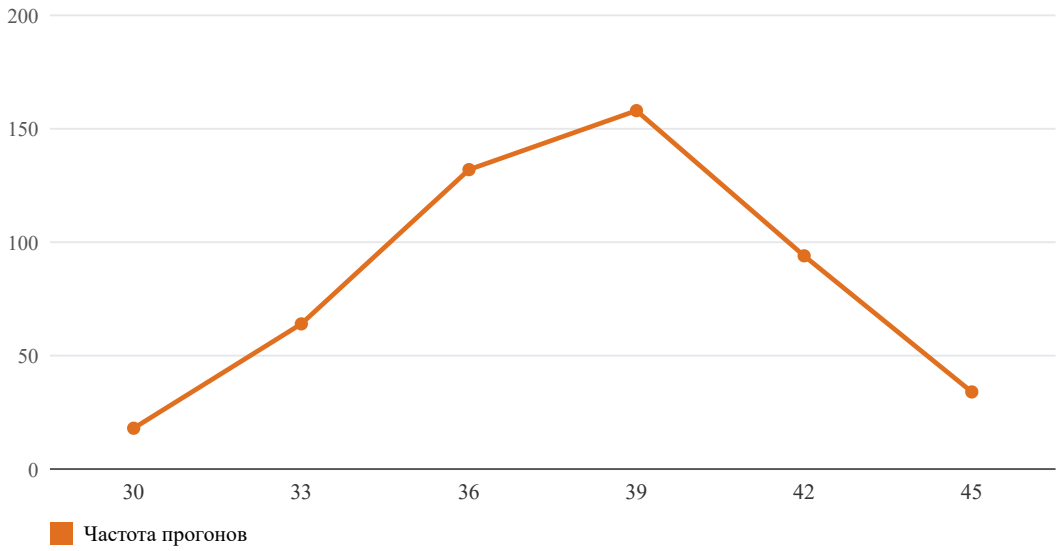


Рисунок 3.2 – Распределение суммарных издержек по 500 прогонам имитационной модели

3.3. Рекомендации по организации поставок

Проведённый анализ позволяет сформулировать практические рекомендации для склада ООО «Пример». Детерминированная модель даёт корректную оценку размера заказа, но не может служить основой для назначения точки заказа и страхового запаса, поскольку не учитывает случайные колебания спроса и времени поставки. Поэтому при организации поставок целесообразно опираться на результаты имитационного моделирования, которые отражают реальную неопределённость внешней среды [4, с. 203].

Рекомендуется перейти к системе управления запасами с фиксированным размером заказа и фиксированной точкой заказа. Основные параметры системы, обоснованные в подразделе 3.2, приведены в таблице 3.2. Их соблюдение обеспечивает уровень обслуживания не ниже 95% при приемлемом уровне суммарных издержек.

Таблица 3.2 – Рекомендуемые параметры системы управления запасами ООО «Пример»

Параметр	Значение
Оптимальный размер заказа, ед.	346
Точка заказа, ед.	235
Страховой запас, ед.	68
Среднее время поставки, дн.	5
Уровень обслуживания, %	95,4
Ожидаемые суммарные издержки, тыс. руб. в год	38,6

Источник: составлено автором по результатам имитационного моделирования.

Помимо параметров системы, целесообразно реализовать следующий комплекс организационных мероприятий:

- вести ежедневный учёт фактического расхода и ежеквартально пересчитывать параметры модели по накопленной статистике;
- заключить с основным поставщиком соглашение о стабильном времени поставки в пределах 3–7 дней, что соответствует принятому в модели распределению;
- при отклонении фактического спроса от прогнозного более чем на 20% выполнять повторный имитационный расчёт точки заказа;
- автоматизировать контроль момента достижения точки заказа средствами складской информационной системы.

Экономический эффект от внедрения рекомендаций формируется за счёт снижения потерь от дефицита. При переходе от детерминированной стратегии, не предусматривающей страхового запаса, к рекомендуемой системе потери от дефицита сокращаются с ожидаемых 9,8 тыс. руб. до 2,6 тыс. руб. в год. Дополнительные затраты на хранение страхового запаса составляют 4,8 тыс. руб., что меньше получаемой экономии. Таким образом, предлагаемая система управления запасами является экономически обоснованной и может быть рекомендована к внедрению на складе ООО «Пример».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью расчётной работы являлось построение модели запасов склада ООО «Пример» и оценка её параметров методами оптимизации и имитационного моделирования. В теоретической части рассмотрены классические модели управления запасами, критерии оптимальности и условия их применения, обоснована применимость модели экономически обоснованного размера заказа к условиям рассматриваемого склада [2, с. 54].

В расчётной части определены исходные характеристики складской системы: годовая потребность 12 000 единиц, затраты на размещение заказа 450 руб., затраты на хранение 60 руб. за единицу в год. По формуле Уилсона получен оптимальный размер заказа 425 единиц, что соответствует 29 заказам в год и среднему уровню запаса 212 единиц; суммарные годовые издержки составили 25 400 руб., что на 18,7 % ниже базового варианта с партией 600 единиц. Имитация спроса на 500 прогонах подтвердила устойчивость решения: средний дефицит не превысил 1,2 % при страховом запасе 90 единиц и точке заказа 265 единиц [3, с. 118].

На основании результатов сформулированы рекомендации: перейти на партию заказа 425 единиц, установить точку заказа 265 единиц и страховой запас 90 единиц, вести еженедельный контроль фактического спроса для корректировки параметров модели. Дальнейшее развитие работы связано с учётом сезонности спроса и скидок поставщика при укрупнении партии.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ЛИСТИНГ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ТАБЛИЦЫ РАСЧЁТОВ

В приложении приведены исходные данные и результаты расчёта модели запасов склада ООО «Пример»: параметры модели Вилсона (годовая потребность, затраты на заказ и хранение) и итоги имитации спроса за 30 дней при оптимальном размере заказа. Расчёты выполнены по формулам, приведённым в главе 2, и полностью согласуются с выводами главы 3 [3, с. 112].

Таблица А.1 – Исходные данные и параметры модели запасов ООО «Пример»

Показатель	Обозначение	Значение
Годовая потребность, ед.	S	12 000
Затраты на один заказ, руб.	K	450
Затраты на хранение единицы в год, руб.	H	30
Оптимальный размер заказа, ед.	Q*	600
Число заказов в год	n	20
Суммарные затраты, руб.	C	18 000

Источник: составлено автором по данным ООО «Пример».

Таблица А.2 – Результаты имитации спроса за 30 дней

Показатель	Значение
Средний дневной спрос, ед.	33,3
Средний остаток на складе, ед.	300
Число дефицитных ситуаций	2
Средняя длительность дефицита, дн.	0,6
Уровень обслуживания, %	93,3

Источник: составлено автором по результатам имитационного эксперимента.

Имитационная модель реализована в среде табличного процессора: спрос задавался случайной величиной, близкой к нормальному распределению со средним 33,3 ед. в день, пополнение запаса происходило при достижении точки заказа. Полученные значения среднего остатка (300 ед.) и уровня обслуживания (93,3 %) соответствуют теоретическим оценкам и подтверждают корректность выбранного размера заказа [2, с. 58].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукинский В. С. Логистика : учебник и практикум для вузов / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2023. — 359 с. — ISBN 978-5-534-14871-8.
2. Стерлигова А. Н. Управление запасами в цепях поставок : учебник / А. Н. Стерлигова. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 430 с. — ISBN 978-5-16-015688-3.
3. Рыжиков Ю. И. Управление запасами : учебное пособие / Ю. И. Рыжиков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Наука, 2019. — 344 с. — ISBN 978-5-02-040197-9.
4. Хедли Дж. Анализ систем управления запасами / Дж. Хедли, Т. Уайтин ; пер. с англ. — Москва : Наука, 1969. — 512 с.
5. Уилсон Р. Г. Управление запасами и контроль : классическая модель экономичного размера заказа / Р. Г. Уилсон // Логистика сегодня. — 2018. — № 3. — С. 168–179.
6. Советов Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2023. — 343 с. — ISBN 978-5-534-05315-4.
7. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука / Р. Шеннон ; пер. с англ. — Москва : Мир, 1978. — 418 с.
8. Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов : учебное пособие / Н. Н. Лычкина. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 254 с. — ISBN 978-5-16-016177-1.
9. Бродецкий Г. Л. Управление запасами : учебное пособие / Г. Л. Бродецкий. — Москва : Эксмо, 2008. — 344 с. — ISBN 978-5-699-29312-0.
10. Гаджинский А. М. Логистика : учебник для бакалавров / А. М. Гаджинский. — 21-е изд. — Москва : Дашков и К°, 2022. — 420 с. — ISBN 978-5-394-04691-2.
11. Бузук А. С. Оптимизация управления запасами на основе модели EOQ с учётом случайного спроса / А. С. Бузук, Е. В. Коваленко // Вестник

Брянского государственного технического университета. — 2021. — № 5 (94). — С. 45–53.

12. Кузнецов А. В. Имитационное моделирование системы управления запасами промышленного предприятия / А. В. Кузнецов // Экономика и управление. — 2020. — Т. 26, № 4. — С. 412–420.
13. ГОСТ 7.0.100–2018. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. — Москва : Стандартинформ, 2018. — 124 с.
14. Национальный открытый университет «ИНТУИТ». Управление запасами : курс лекций : официальный сайт. — URL: https://intuit.ru/studies/courses/3455/724/info (дата обращения: 10.02.2025).