

УДК 519.86:658.7

119. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ В ERP-СИСТЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ SAP)

*Рымашевская А.В., студент гр.372303, Рымашевская А.В., студент
гр.372303*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

*Солодилова М.К. – ассистент каф. ЭИ,
Ладкина М.И. – ассистент каф. ЭИ*

Аннотация. Данная работа посвящена математическому моделированию оптимизации управления запасами предприятия с использованием ERP-систем на примере SAP S/4HANA. Рассматривается гибридная стохастическая модель, учитывающая неопределенность спроса и времени поставки, с динамической точкой заказа и страховым запасом. Предложенная модель позволяет повысить точность планирования, снизить избыточные запасы и минимизировать совокупные затраты предприятия.

Ключевые слова. Управление запасами, математическое моделирование, ERP-системы, SAP S/4HANA, стохастические модели, оптимизация, экономичный размер заказа (EOQ), точка заказа, страховой запас, уровень обслуживания, логистика, планирование ресурсов предприятия.

Широкое внедрение ERP-систем стало основой для каждого предприятия, такие системы направлены на максимальное удовлетворение потребностей предприятия в инструментах управления бизнесом. ERP-система (Enterprise Resource Planning) в своей расшифровке означает «планирование ресурсов предприятия» и представляет собой информационную систему с общей базой данных, которая предназначена для автоматизации и координации ключевых бизнес-процессов предприятия в реальном времени. Принцип работы ERP-системы основан на размещении всех операционных данных в едином хранилище. Это обеспечивает однократный ввод информации и её многократное использование всеми подразделениями. Поэтому благодаря синхронизации между всеми компонентами, любое изменение в одном модуле автоматически отразится в других связанных модулях, что сильно упростит планирование, закладку бюджета, своевременное обновлений показателей и подготовке отчётности [1].

На международном рынке наиболее распространены такие решения, как SAP S/4HANA, Oracle ERP и Microsoft Dynamics 365. Особое место среди указанных решений занимает SAP S/4HANA, являющаяся мировым лидером в области корпоративных информационных систем. Данная платформа активно использует методы искусственного интеллекта, машинного обучения и продвинутой аналитики для поддержки принятия управленческих решений. Клиентская база SAP насчитывает около 320 000 компаний в более чем 190 странах мира, включая такие крупные промышленные корпорации, как Ford Motor Company, Toyota, Volkswagen Group, BMW и Volvo [2].

В современных условиях цифровизации экономики эффективность управления запасами предприятия во многом определяется качеством используемых математических моделей и степенью их интеграции в корпоративные информационные системы.

Основные модели управления запасами можно разделить следующим образом:

1. Модели фиксированного заказа (EOQ, Economic Order Quantity): оптимальный размер заказа рассчитывается исходя из установленных значений спроса и издержек на хранение и заказ.
2. Модели с периодическим пересмотром (Periodic Review): предполагают размещение заказов через равные промежутки времени.
3. Модели с учётом сервисного уровня (Service Level Models): Эти модели позволяют обеспечить высокий уровень доступности продукта, минимизируя при этом издержки.
4. Стохастические модели: предполагают наличие случайного спроса и неопределенности в поставках, что делает их более гибкими в условиях изменчивой внешней среды.

Наиболее широкое распространение в практике получили стохастические модели управления запасами, учитывающие неопределенность спроса и времени поставки. В отличие от

детерминированных моделей, предполагающих стабильность параметров, стохастические подходы ориентированы на работу в условиях случайных колебаний, что делает их более адекватными реальным условиям функционирования предприятий [3].

Классическими примерами стохастических моделей являются системы с фиксированным размером заказа (Q, R) и системы периодического контроля запасов (s, S) . Первая модель предполагает непрерывный мониторинг уровня запасов и размещение заказа фиксированного объема при достижении точки заказа, определяемой с учетом среднего спроса за время поставки и страхового запаса. Вторая модель основана на периодическом контроле, при котором заказ формируется через равные интервалы времени и доводит запас до заданного максимального уровня [4]. Несмотря на широкое применение, указанные модели имеют ряд ограничений: модель (Q, R) не учитывает удобство плановых проверок, а модель (s, S) может запаздывать с реакцией на резкие изменения спроса. Проблема заключается в недостаточной адаптивности существующих моделей управления запасами к динамически изменяющимся условиям спроса и поставок при их использовании в ERP-системах [5].

В связи с этим в рамках данного исследования предлагается гибридная стохастическая модель управления запасами, объединяющая преимущества непрерывного и периодического подходов. Основная идея модели заключается в использовании динамической точки заказа, адаптирующейся к текущим параметрам спроса и времени поставки, а также комбинированного условия формирования заказа. Предполагается, что использование гибридной стохастической модели с динамической точкой заказа позволит повысить эффективность управления запасами за счет снижения совокупных затрат и повышения уровня обслуживания.

Математически модель формулируется следующим образом. Оптимальный размер заказа определяется на основе классической формулы экономичного размера заказа:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (1),$$

где D – средний спрос, S – затраты на оформление заказа, H – затраты на хранение единицы продукции.

В отличие от статических моделей, точка заказа определяется как динамическая величина. Она описывает модель управления запасами с фиксированным размером заказа и вероятностным спросом:

$$R_t = D_t * L_t + Z * \sigma_t * \sqrt{L_t} \quad (2),$$

где D_t – текущий прогноз спроса, L_t – фактическое или прогнозируемое время поставки, σ_t – стандартное отклонение спроса, Z – коэффициент уровня обслуживания.

Таким образом, модель учитывает изменчивость внешней среды и корректирует параметры управления запасами в реальном времени.

Экономический смысл данной зависимости заключается в разложении точки заказа на две ключевые составляющие. Первое слагаемое $D_t \cdot L_t$ отражает ожидаемый спрос за период поставки и определяет базовый уровень запаса, необходимый для покрытия потребностей предприятия в нормальных условиях функционирования. Второе слагаемое $Z \cdot \sigma_t \cdot \sqrt{L_t}$ представляет собой страховой запас, предназначенный для компенсации неопределенности спроса и возможных колебаний времени поставки.

Ключевым элементом предложенного подхода является гибридное условие размещения заказа. Заказ формируется либо при достижении текущего уровня запасов критического значения R_t , либо при наступлении момента плановой проверки запасов через фиксированный интервал времени T . При этом объем заказа определяется по-разному в зависимости от ситуации: в первом случае используется фиксированное значение Q , а во втором – переменная величина, равная разности между максимальным уровнем запаса и текущим значением. Такая комбинация позволяет одновременно учитывать оперативные изменения спроса и обеспечивать удобство планирования [6].

Целевая функция модели направлена на минимизацию совокупных затрат, включающих затраты на хранение, оформление заказов и возможные потери от дефицита:

$$TC = \frac{D}{Q} * S + \frac{Q}{2} * H + C_{stockout} \quad (3),$$

где $C_{stockout}$ отражает штраф за неудовлетворенный спрос.

Включение данного компонента позволяет учитывать риски, связанные с неопределенностью, и оптимизировать уровень страхового запаса.

Для иллюстрации работы предложенной модели рассмотрим пример управления запасами конкретного товара – смартфонов на складе розничной сети электроники.

Пусть заданы следующие параметры:

$D = 1200$ ед./месяц – средний спрос (продажи смартфонов за месяц);

$S = 80$ ден.ед – затраты на оформление одного заказа (логистика, обработка заказа);

$H = 5$ ден.ед/месяц – затраты на хранение одного смартфона (склад, страхование, амортизация);

$L = 10$ дней – среднее время поставки от поставщика;

$\sigma = 15$ ед./день – стандартное отклонение дневного спроса;

$Z = 1,65$ – коэффициент уровня обслуживания.

Оптимальный размер заказа определяется по формуле EOQ:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 1200 * 80}{5}} \approx 196 \text{ ед}$$

Оптимально заказывать примерно 196 смартфонов за один раз, чтобы минимизировать суммарные затраты.

Для расчёта точки заказа переведем спрос в дневной:

$$D_{\text{дн}} = \frac{1200}{30} = 40 \text{ ед./день}$$

Тогда точка заказа:

$$R_t = D_t * L_t + Z * \sigma_t * \sqrt{L_t} = 40 * 10 + 1,65 * 15 * \sqrt{10} \approx 478 \text{ ед}$$

Исходя из полученного расчета получим:

Уровень запаса, при котором необходимо размещать новый заказ составляет 478 ед, из которых 400 ед. – покрывают ожидаемый спрос за время поставки, и 78 ед. формируют страховой запас (на случай колебаний спроса).

Практическая интерпретация полученных результатов в рамках системы SAP заключается в следующем. Когда запас смартфонов на складе снижается до 478 единиц, система формирует заказ. Размер заказа может быть либо фиксированный и составляет 196 ед. при срабатывании точки заказа, либо переменный – при плановой проверке, заказ доводит уровень запаса до установленного максимума (в рамках гибридной модели).

Приведенный пример показывает, что модель учитывает не только средний спрос, но и его колебания. Это позволяет своевременно пополнять запасы и снижать риск дефицита. Одновременно использование страхового запаса помогает избежать перебоев в поставках, а расчет оптимального размера заказа – сократить издержки на хранение. Таким образом, модель обеспечивает более сбалансированное управление запасами, что особенно важно для товаров с высокой стоимостью и нестабильным спросом, таких как электроника.

Практическая значимость предложенной модели заключается в возможности ее интеграции в ERP-системы, в частности в SAP S/4HANA. Анализ функциональных возможностей SAP S/4HANA показывает, что в системе реализованы отдельные элементы управления запасами, включая планирование по точке заказа (Reorder Point Planning), расчет страхового запаса (Safety Stock) и планирование потребностей в материалах (MRP). Однако данные механизмы, как правило, применяются раздельно [7]. Предложенная модель позволяет объединить данные инструменты в единую адаптивную систему управления запасами, обеспечить непрерывный и периодический контроль за счет гибридного условия формирования заказа и использования динамической точки заказа с учетом стохастических параметров спроса. Это позволяет достичь более высокой адаптивности системы управления запасами к изменяющимся условиям внешней среды.

Таким образом, ERP-системы выступают не только инструментом учета, но и платформой для практической реализации экономико-математических моделей оптимизации запасов на предприятии.

Список использованных источников:

1. Щетинин, Б. О. ERP-системы: обсуждение роли и преимуществ ERP-систем для комплексного управления строительными проектами, ресурсами и финансами / Б. О. Щетинин, К. А. Погореленко, В. Ю. Ларина // X Международный

строительный форум молодых ученых - 2025 : Сборник докладов, Белгород, 25 ноября 2025 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2025. – С. 169-172. – EDN XGHZTA.

2. Олейник, А. В. Применение ERP системы SAP для автоматизации высокотехнологичных производств / А. В. Олейник, Л. В. Кузнецова, А. В. Николаев // Наука сегодня: вызовы и перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Вологда, 14 сентября 2016 года. – Вологда: Общество с ограниченной ответственностью "Маркер", 2016. – С. 28-30. – EDN KSOXCK.

3. Коршунов, Д. И. Модели оптимального управления запасами в условиях международной торговли с учетом неопределенности внешней среды / Д. И. Коршунов // Инновационные исследования: проблемы внедрения результатов и направления развития : Сборник статей VIII международной научной конференции, Тюмень, 07 июня 2025 года. – Санкт-Петербург: ООО "Международный институт перспективных исследований им. Ломоносова", 2025. – С. 42-46. – EDN DKUXHH.

4. MAT010 Управление запасами в системе SAP. Учебный курс / SAP Training. – SAP SE, [б.д.]. – URL: https://cdn.training.sap.com/cdn/pdf/sap_mat010.pdf/ru/ru (дата обращения: 31.03.2026).

5. Гайфуллин Б.Н., Обухов И.А. Автоматизация систем управления предприятиями стандарта ERP/MRP II / Б.Н. Гайфуллин, И.А. Обухов. – Москва: Интерфейс-пресс, 2001. – 104 с.

6. Бродецкий Г.Л., Бродецкий В.Л. Экономика-математические методы и модели в логистике: процедуры оптимизации : учебник / Г.Л. Бродецкий, В.Л. Бродецкий. – М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 2021. – 456 с. – URL: https://academia-moscow.ru/off-line/_books/fragment/102113456/102113456f.pdf (дата обращения: 31.03.2026).

7. SAP Help Portal. Минимальный страховой запас в SAP S/4HANA Cloud : справочная документация / SAP SE. – Вальдорф: SAP SE, 2026. – URL: https://help.sap.com/docs/SAP_S4HANA_CLOUD/2bba750d1e124e1ea2a039bb1cd9b6c5/c0b93fc5049c448e88623c6990236776.html?locale=ru-RU (дата обращения: 31.03.2026).

UDC 519.86:658.7

MATHEMATICAL MODELING OF OPTIMIZATION OF ENTERPRISE INVENTORY MANAGEMENT IN ERP SYSTEMS (USING SAP AS AN EXAMPLE)

Rymashevskaya A.V., Rymashevskaya A.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics¹, Minsk, Republic of Belarus

Solodilova M.K. – Assistant Professor

Ladkina M.I. – Assistant Professor

Annotation. This paper examines mathematical modeling for optimizing enterprise inventory management using ERP systems, using SAP S/4HANA as an example. A hybrid stochastic model, accounting for demand and lead time uncertainty, with a dynamic reorder point and safety stock, is considered. The proposed model improves planning accuracy, reduces excess inventory, and minimizes overall enterprise costs.

Keywords. Inventory management, mathematical modeling, ERP systems, SAP S/4HANA, stochastic models, optimization, economic order quantity (EOQ), reorder point, safety stock, service level, logistics, enterprise resource planning.