



Научная статья

<https://doi.org/10.32523/3136-3385-2026-156-3-120-138>

Расчёт, контроль и анализ в управлении складскими запасами

С.Ж. Кабикенов*  , В.В. Шалаев  , Г.В. Киселёва  , С.Ю. Кутьенко 

*НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,
Караганда, Казахстан*

*E mail: s.kabikenov@ktu.edu.kz, shalaev_v@mail.ru, galkisseleva@yandex.kz,
83007450039@mail.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены возможности применения электронных таблиц Excel для контроля, анализа и управления складскими запасами в логистических системах. Цель исследования заключается в разработке и обосновании практических подходов к оценке эффективности управления запасами на основе инструментов Excel и современных методов логистического анализа. Основными направлениями исследования являются расчёт оптимального и среднего уровня запасов, оценка товарооборачиваемости, анализ уровня сервиса поставок, а также использование ABC- и XYZ-анализа для классификации товарных групп. Научная значимость работы состоит в комплексном применении статистических и логистических методов для повышения качества управленческих решений. Методология исследования основана на использовании экономико-математических методов, статистического анализа, коэффициентов вариации, осцилляции, асимметрии и эксцесса с последующей визуализацией результатов средствами Excel. В результате разработана универсальная модель анализа запасов, позволяющая выявлять нестабильность спроса, оценивать риски дефицита и избыточных запасов, а также оптимизировать процессы пополнения. Практическое значение исследования заключается в возможности использования предложенной модели для повышения эффективности складской логистики, снижения издержек и улучшения качества управления материальными потоками.

Ключевые слова: складские запасы, электронные таблицы Excel, ABC-анализ, XYZ-анализ, тренд, коэффициент вариации, коэффициент осцилляции.

Введение

Управление складскими запасами является одной из ключевых задач современной логистики [3,7,8]. В условиях нестабильного рыночного спроса и возрастающей конкуренции эффективный контроль уровня товарных запасов определяет как операционную устойчивость предприятия, так и его финансовые результаты [3,4,12]. Избыточные запасы ведут к иммобилизации оборотного капитала, росту складских издержек и рискам устаревания продукции, тогда как их дефицит снижает уровень клиентского сервиса и влечёт потерю заказов [1,2,3]. Несмотря на значительный объём теоретических и прикладных исследований в области управления запасами, ряд вопросов остаётся недостаточно проработанным, несмотря на активное развитие данной проблематики в зарубежных публикациях последних лет, индексируемых в базах Scopus и Web of Science [16,17,18]. В частности, нерешёнными являются проблемы комплексной статистической оценки стабильности запасов с применением нескольких взаимодополняющих инструментов, а также адекватного учёта стохастической природы логистических процессов при формировании стратегий пополнения. Цель настоящей статьи — разработка и обоснование методических подходов к расчёту, контролю и комплексному анализу складских запасов на основе совокупности статистических показателей.

Учёт и контроль запасов материальных товаров на складе является важной составляющей логистического процесса, что позволяет объективно учитывать динамику движения запасов, планировать оперативную работу, прогнозировать поставки и отправку товаров, вести учёт.

Методология

Объектом исследования является система управления складскими запасами торгово-логистического предприятия. Предмет исследования — совокупность количественных показателей, характеризующих динамику, стабильность и распределение запасов. В качестве материала исследования использованы данные о поступлении и убытии товаров по 18 ассортиментным группам с суммарным объёмом от 61 до 1 093 т по группе за наблюдаемый период не менее 12 недель, что обеспечивает статистическую достоверность результатов. Новизна работы состоит в применении комплексного методического подхода, интегрирующего в единой аналитической системе: (1) расчёт оптимального, страхового и среднего запасов; (2) оценку товарооборачиваемости и готовности к поставке; (3) ABC-анализ на основе принципа Парето; (4) XYZ-анализ через коэффициент вариации CV; (5) построение совмещённой матрицы ABC–XYZ; (6) коэффициент осцилляции как индикатор нестабильности; (7) анализ формы распределения данных по коэффициентам асимметрии и эксцесса относительно нормального закона Гаусса. Все расчётные модели реализованы в среде Microsoft Excel, что обеспечивает воспроизводимость и практическую доступность методики без специализированного программного обеспечения [1,2,15].

Оптимальный запас Z_{opt} на складе рассчитывается по формуле:

$$Z_{opt} = P_{sr} \times N_{zap} + U_{post}^{sz} + U_{vsp}^{sz}, \quad (1)$$

где P_{sr} – средние продажи

N_{zap} – количество недель запаса, на которое формируется запас (это количество зависит от частоты поставок (предположим, что размещение заказов на поставку продукции происходит каждые 2 недели);

$U_{\text{post}}^{\text{sz}}$ – уровень страхового запаса на случай сбоев в поставках (рассчитывается с помощью умножения средних недельных продаж на имеющийся период в сбоях; в нашем случае 4 шт. умножаем на 1 неделю сбоев в поставках и получаем страховой запас на уровне 4 шт.).

$U_{\text{vsp}}^{\text{sz}}$ — уровень страхового запаса на случай всплесков в продажах рассчитывается с помощью умножения средних недельных продаж $P_{\text{nd}}^{\text{sr}}$ на коэффициент вариации CV.

Например:

$$U_{\text{vsp}}^{\text{sz}} = P_{\text{nd}}^{\text{sr}} \times CV = 4 \text{ ед.} \times 0,84 = 3,35 \text{ ед} \quad (2)$$

Z^{sr} – средний запас на складе. Показатель может определяться как в натуральном, так и в стоимостном выражении, как в целом по складу, так и по группам товаров. В общем случае запас является постоянно меняющейся величиной. Поэтому для характеристики уровня запаса рассчитывают средний запас, используя при этом формулу средней хронологической:

$$Z_{\text{sr}_i}^{\text{sr}} = (Z_{\text{n}_i}^{\text{n}} + Z_{\text{k}_i}^{\text{k}}) / 2, \quad (3)$$

где $Z_{\text{sr}_i}^{\text{sr}}$ — средний запас за выбранный период;

$Z_{\text{n}_i}^{\text{n}}$ — запас на начало выбранного периода;

$Z_{\text{k}_i}^{\text{k}}$ — запас на конец выбранного периода.

Средний запас за несколько периодов определяется как средняя арифметическая из средних запасов за каждый из периодов:

$$\sum Z_{\text{sr}_i}^{\text{sr}} = (Z_{\text{sr}_1}^{\text{sr}} + Z_{\text{sr}_2}^{\text{sr}} + \dots + Z_{\text{sr}_n}^{\text{sr}}) / n, \quad (4)$$

где $\sum Z_{\text{sr}_i}^{\text{sr}}$ — средний запас за n периодов.

Товарооборачиваемость — характеристика процесса возобновления товарных запасов. Определяется с помощью двух показателей: скорость товарооборота и время обращения товаров.

Скорость товарооборота (V^{tvoi}) показывает, сколько раз в течение выбранного одного периода продаётся и возобновляется имеющийся товарный запас [3,8]. Показатель определяется числом оборотов запаса в течение одного периода:

$$V^{\text{tvoi}} = O_i / Z_{\text{sr}_i}^{\text{sr}}, \quad (5)$$

где O_i — товарооборот за выбранный период;

$Z_{\text{sr}_i}^{\text{sr}}$ — средний товарный запас за выбранный период.

Для торговой системы следует учитывать чистый оборот, т. е. без учёта внутрисистемного оборота. Скорость товарооборота может рассчитываться по отдельным складам, по отдельным позициям ассортимента. Если запас является производственным, то расчётный показатель будет называться скоростью оборота, который может рассчитываться отдельно по каждому виду ресурсов.

Время обращения товаров (T_i) показывает продолжительность выбранного периода, в течение которого реализуется запас, время нахождения товаров в сфере обращения или на складе торгового предприятия. Определяется по формуле:

$$T_i = (Z_{sr_i} \times t) / O_i, \quad (6)$$

где Z_{sr_i} — средние товарные запасы за выбранный период;
 t — число дней в выбранном периоде;
 O_i — товарооборот.

Товарооборот здесь также должен быть освобождён от повторного счета. Следует отметить, что снижение T_i позволяет эффективно использовать оборотные средства и экономить издержки обращения. Показатель времени обращения товаров обратно пропорционален показателю скорости товарооборота V^{tvo}_i , т.е.

$$T_i = t / V^{tvo}_i \quad (7)$$

Показатель G_{post} «Готовность к поставке» можно использовать как для оценки собственного уровня сервиса, так и для уровня сервиса, оказываемого поставщиком. Ниже приводятся три метода расчёта готовности к поставке, используемые в логистике [3,4].

$$G_{post} = Q_{vz} / Q_{tot} \times 100\%, \quad (8)$$

где Q_{vz} — число выполненных заказов;
 Q_{tot} — общее число поступивших заказов.

$$G_p = m / M \times 100\%, \quad (9)$$

где m — фактический объем поставок в количественном выражении;
 M — объем заказа в количественном выражении.

$$G_p = C_{fakt} / C_{zak}, \quad (10)$$

где C_{fakt} — стоимость фактически реализованного товара;
 C_{zak} — суммарная стоимость заказанного товара
 Доля запасов в обороте (B_{zap}):

$$B_{zap} = Z_{sr} / O \times 100\%. \quad (11)$$

Затраты на связанный капитал (K_{svz}). Данный показатель характеризует объем омертвлённого в запасах капитала:

$$K_{svz} = (Z_{sr} \times t_{hr} \times K) / 100\%, \quad (12)$$

где t_{hr} — период времени, в течение которого хранится запас;
 K — процентная ставка на капитал.

Коэффициент вариации (CV) — один из самых удобных и наглядных показателей, чтобы понять, насколько стабильны или нестабильны запасы на складе, особенно если речь идёт о спросе на товары [5,6,18]. CV рассчитывается как отношение стандартного отклонения спроса к его среднему значению μ . Он показывает относительную изменчивость спроса и насколько предсказуемо ведут себя запасы (см. табл. 1).

$$CV = s_{ko}/\mu, \quad (13)$$

где s_{ko} – среднеквадратичное отклонение спроса;
 μ – математическое ожидание (среднее значение спроса).

Таблица 1. Показатели спроса на товар в зависимости от CV и категории товара

Категория товара	Значение CV	Характер спроса	Значимость для склада
X	<10%	Очень стабильный	Можно держать минимальные запасы, низкий риск дефицита
Y	10% - 30%	Умеренная вариативность	Нужен более гибкий подход к пополнению
Z	=>30%	Высокая нестабильность	Требуется повышенный уровень страхового запаса

Результаты и Обсуждение

Применение разработанной методологии к исходному массиву данных позволило получить следующие результаты. По значениям коэффициента вариации все 18 ассортиментных позиций распределены по трём категориям устойчивости спроса (таблица 1): 11 позиций отнесены к категории X (CV < 10 % — стабильный спрос), 4 позиции — к категории Y (CV = 10–30 % — умеренная вариативность), 2 позиции — к категории Z (CV ≥ 30 % — высокая нестабильность). По объёму товарооборота в соответствии с принципом Парето [7,9,14,16,18]: группа А — позиции 1–6 (кумулятивная доля до 79,5 %); группа В — позиции 7–15 (до 95,7 %); группа С — позиции 16–18. Совмещённая матрица ABC–XYZ (таблица 3) показывает, что ячейка AX занята шестью позициями (1–6) с высоким товарооборотом и стабильным спросом — это наиболее управляемый и доходный сегмент запасов, требующий минимального страхового запаса. Ячейка BX включает пять позиций (7, 11, 13, 14, 15) — средний приоритет с предсказуемым спросом. Ячейки CZ (позиция 17) и BZ (позиция 10) характеризуются высокой нестабильностью при малом объёме: для них целесообразен переход на модель снабжения по заявкам. Незаполненные ячейки матрицы (AY, AZ, CX) указывают на структурные резервы: возможности расширения ассортимента в высокопотенциальных сегментах остаются нереализованными. Коэффициент осцилляции, рассчитанный по формулам (10.4.13)–(10.4.15), подтвердил выводы XYZ-анализа: позиции категории Z демонстрируют наибольший размах колебаний запаса относительно среднего уровня, что требует увеличения страхового запаса и перехода к адаптивным моделям пополнения. Анализ коэффициентов асимметрии (g_1) и эксцесса (g_2) для выборок спроса показал отклонение фактических распределений от нормального закона Гаусса: значения $g_1 \neq 0$ свидетельствуют об асимметричности данных, что необходимо учитывать при расчёте страхового запаса и прогнозировании спроса. Графическая визуализация

результатов (рисунки к статье) подтверждает статистически значимое отклонение фактической выборки от идеального ЗНР.

При анализе расчётных значений коэффициента вариации по отдельным группам товаров в зависимости от рекомендуемого интервала группы товаров распределяются на три категории X, Y, Z [8,14].

Вывод: чем больше CV, тем выше уровень разброса вариативности спроса, что снижает эффективность работы склада, порождает больший уровень неопределённости при принятии решения и, как следствие, должен увеличиться страховой запас, – растут издержки складских операций.

Организация XYZ-анализа товара по группам как функционала от CV даёт возможность системно подойти к решению таких вопросов, как рациональная организация складирования, выбор наиболее оптимальной стратегии пополнения запасов и оптимизация уровня запасов. По сути, коэффициент вариации CV — это быстрый индикатор того, насколько высок уровень риска для склада. Оптимальная стратегия управления запасами минимизирует величину запаса и определяет такую периодичность заказов, которая позволяет прогнозировать процесс пополнения с высокой степенью вероятности событий.

Но для статистической обработки данных по коэффициенту корреляции требуется не разовый сбор данных, а в течение установленного интервала времени. Чем больше временной интервал, тем точнее и вероятнее получаемые результаты. Обычно принимается или недельный интервал как законченная часть логистического процесса или обрабатываются данные за календарный месяц.

Наряду с XYZ-анализом выполняется ABC-анализ, который систематизирует поступающий товар с учётом принципа Парето, используя сортировку данных по направлению убывания показателей прибытия товара и вычисления кумулятивного накопления по трём группам: группа товаров «А» – кумулятивное значение до 80% поступления; группа «В» – от 80% до 96%; остальные товары – группа «С».

В каждом виде анализа всего три возможных варианта распределения товара, обрабатываемого на складе при поступлении и убытии. Применив принцип совместимости по объекту обработки – виды товара, можно построить комплексную матрицу, в которой по столбцам ABC располагаются товары данного анализа на горизонтальных уровнях по строкам XYZ, табл. 2.

Цифрами внутри таблицы указаны позиции ассортимента из таблицы 2. Заполнение ячеек AX, AY, BX позициями ассортимента является наиболее предпочтительным, т.к. это ячейки, в которые попадают товары, сильно влияющие на показатели эффективности работы склада, дающие максимальный эффект. Ячейки AZ, BY, CX относятся к среднему уровню. Эти товары оказывают меньшее влияние на эффективность работы склада. И третья группа ячеек BZ, CZ, CY оказывает минимальное влияние ввиду малочисленности позиций ассортимента и объёма грузообработки [8,12,14]. Эти товары используют ресурсы склада, оказывая минимальное влияние на общие показатели работы склада, но в общем зачёте имеется эта доля издержек. В настоящее время стараются по таким группам товаров применить метод, позволяющий удовлетворить спрос на основании заявок, что высвобождает имеющийся ресурс для более загруженной части товара. По данной комплексной матрице очень хорошо видно, что отдельные ячейки, имеющие высокий потенциал, вообще не загружены, следовательно, это означает только упущенные

возможности, и они являются потенциальным резервом для улучшения показателей работы склада.

Данная матрица содержит уже девять ячеек, в которых размещены товары из анализируемых групп, и вариативность аналитических выводов расширяется, причём с учётом влияния как процессов поставки, так и убытия. Такой комплексный подход моделирования позволяет визуализировать как положительные стороны процесса, так и его недостатки. Объективность корректировки последующих решений повышает эффективность логистики и снижение издержек.

Таблица 2. Данные для организации комплексной матрицы совместного анализа

ABC-анализ					XYZ-анализ			
АГ	Qi, т	bi,%	Кумулятив, %	группа	АГ	Gi, т	CV	Группа товара
1	1093	21,2%	21,2%	A	1	1169	4,9%	X
2	957	18,6%	39,8%	A	2	962	8,2%	X
3	826	16,0%	55,8%	A	3	868	6,7%	X
4	609	11,8%	67,6%	A	4	578	7,8%	X
5	500	9,7%	77,3%	A	5	499	6,4%	X
6	114	2,2%	79,5%	A	6	110	9,1%	X
7	108	2,1%	81,6%	B	7	107	9,3%	X
8	107	2,1%	83,7%	B	8	97	12,4%	Y
9	103	2,0%	85,7%	B	9	82	12,2%	Y
10	95	1,8%	87,5%	B	10	80	30,0%	Z
11	92	1,8%	89,3%	B	11	90	6,7%	X
12	90	1,7%	91,0%	B	12	84	11,9%	Y
13	85	1,7%	92,7%	B	13	86	3,5%	X
14	79	1,5%	94,2%	B	14	81	8,6%	X
15	79	1,5%	95,7%	B	15	79	2,5%	X
16	73	1,4%	97,1%	C	16	72	16,7%	Y
7 ¹	69	1,3%	98,4%	C	17	86	25,6%	Z
8 ¹	68	1,3%	99,7%	C	18	61	13,1%	Y

Примечание: АГ – ассортиментные группы товаров (в сводной таблице они должны быть по строкам синхронизированы)

В логистике большинство процессов имеют стохастический характер, что затрудняет контроль, стабильность выводов по показателям, составление прогнозов, разработку планов и поэтому базироваться только на единичном количестве показателей нежелательно. Для анализа логистических процессов необходимо применять не один канал получения информации о ходе процесса, а несколько. Если применить несколько другую методику и получить или прямые или косвенные подтверждения выводов по предыдущему варианту, то принимаемые решения по совершенствованию процессов будут более мотивированы и обоснованы.

Одним из таких показателей является коэффициент осцилляции [10,11], (или показатель колебаний), который отражает амплитуду и частоту колебаний запасов относительно их среднего уровня. Он показывает, насколько сильно система «раскачивается» из-за:

- задержек поставок,
- слишком агрессивной реакции на изменения спроса,
- неэффективных правил пополнения.

Таблица 3. Комплексная матрица совместного анализа запасов на складе

Группа	A	B	C
X	1,2,3,4,5,6	7,11,13,14,15	Нет
Y	Нет	8,9,12	16,18
Z	Нет	10	17

По сути, это количественная мера нестабильности запасов – чем больше эта величина, тем менее стабилен запас, и тогда требуется увеличение страхового запаса. Коэффициент осцилляции в статистике — это относительный размах вариации: доля размаха ($\max - \min$) в среднем значении выборки данных и является относительной мерой абсолютного разброса значений в статистической совокупности. Для расчёта коэффициента осцилляции необходимо вычислить среднее значение выборки при i от 1 до n значений.

$$X_{sr} = \sum X_i / n, \quad (14)$$

где $\sum X_i$ – сумма всех значений выборки;

n – количество значений данных в выборке;

X_{sr} – среднее значение выборки.

Размах определяется как разность максимального и минимального значения.

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (15)$$

где $X_{\max}$ – максимальное значение в выборке;

$X_{\min}$ – минимальное значение в выборке;

R – размах значений выборки.

Величина коэффициента осцилляции в долях или в % рассчитывается по формуле 16.

$$K_{osc} = R / X_{sr}; \quad K_{osc} = R \times 100\% / X_{sr}, \% \quad (16)$$

Как основной показатель для оценки запасов на складе коэффициент осцилляции слабый, т.к. связан только с двумя крайними значениями (минимум и максимум) и средним значением выборки. Для складских запасов это проблема, потому что один выброс (разовая крупная или пропущенная поставка) резко увеличивает показатель. Этот показатель также не учитывает частоту поставок: один день на нуле и 20 дней на нуле дадут одинаковые $\min/\max$. Кроме того, показатель не чувствителен к динамике процесса, сезонности поставок, к колебаниям спроса (например, интервентный спрос – это искусственно созданный спрос, используемый как инструмент регулирования рынка). Не отвечает также на главный вопрос управления запасами: какой уровень сервиса и риск дефицита (сколько заказов/дней мы не закрыли).

Но при предварительном анализе логистического процесса данный показатель позволяет получить частичную информацию, т.к. характеризует размах запаса, что влияет на стабильность управления запасами, и поэтому его можно использовать как быстрый “красный флаг” для проверки, если:

- запасы по позиции сильно отличаются относительно среднего;
- есть подозрение на «провалы» до нуля или резкие переполнения;
- требуется проверить фиксированные интервалы (например, последние 30/90 дней);
- возникает необходимость проверить стабильные процессы (без крупных разовых закупок и разовых списаний)».

Для оценки запасов как управляемой системы (сервис, дефициты, излишки) коэффициент осцилляции не годится, но как быстрый индикатор стабильности может быть полезен.

Рассмотрим, как осцилляции влияют на контроль запасов [2,15]:

1. Рост амплитуды колебаний способствует росту страховых запасов. Если коэффициент осцилляции высок, запасы то резко растут, то падают. Чтобы избежать дефицита, компании вынуждены держать большие страховые запасы, что увеличивает замороженный капитал, складские расходы, риск списаний, что способствует увеличению издержек при формировании запасов.

2. Усиление так называемого эффекта хлыста (bullwhip effect) – это явление в цепочках поставок, при котором небольшие колебания конечного потребительского спроса приводят к усиленным искажениям заказов на каждом последующем уровне цепи (розница → оптовик → производитель → поставщик сырья). Исследования показывают, что осцилляции часто возникают из-за перерегулирования — слишком сильной реакции на небольшие изменения спроса, что приводит к резким скачкам заказов, перегрузке поставщиков, нестабильности всей цепи поставок.

Высокий коэффициент осцилляции означает, что прогнозы спроса, стандартные методы планирования становятся менее надёжными и требуется переход к адаптивным моделям.

Колебания запасов, показанные коэффициентом осцилляции, вызывают частые корректировки заказов, увеличение транспортных расходов, переработки персонала, нестабильность производственного графика. Это всё даёт рост операционных издержек.

Несмотря на кажущуюся простоту определения коэффициента осцилляции, это поможет увидеть, как небольшое изменение спроса вызывает большие колебания заказов, как изменение параметров (время поставки, коэффициент сглаживания) контролируется в

сторону уменьшения осцилляции. Это классический подход, применяемый в исследованиях по динамике цепей поставок.

Изменение коэффициента осцилляции показывает на изменение затрат: чем выше осцилляции, тем выше затраты на запасы [10,11]. В общем коэффициент осцилляции позволяет:

- оценить устойчивость системы управления запасами,
- выявить эффект «хлыста»,
- определить необходимость изменения политики пополнения,
- показать связь между колебаниями и затратами,
- обосновать переход к более стабильным алгоритмам управления.

При анализе распределения данных в выборке по отношению к Закону нормального распределения Гаусса (ЗНР) рассматриваются коэффициент асимметрии и коэффициент эксцесса [5,6]. Данный анализ позволяет выявлять закономерности, связанные с частотой встречающихся различных значений. В идеальном графике ЗНР данные расположены симметрично относительно среднего значения, и среднее значение совпадает с медианой. В исследуемых выборках данных возможно другое распределение данных относительно среднего значения, и, как правило, медиана не совпадает со средним значением данных в выборке.

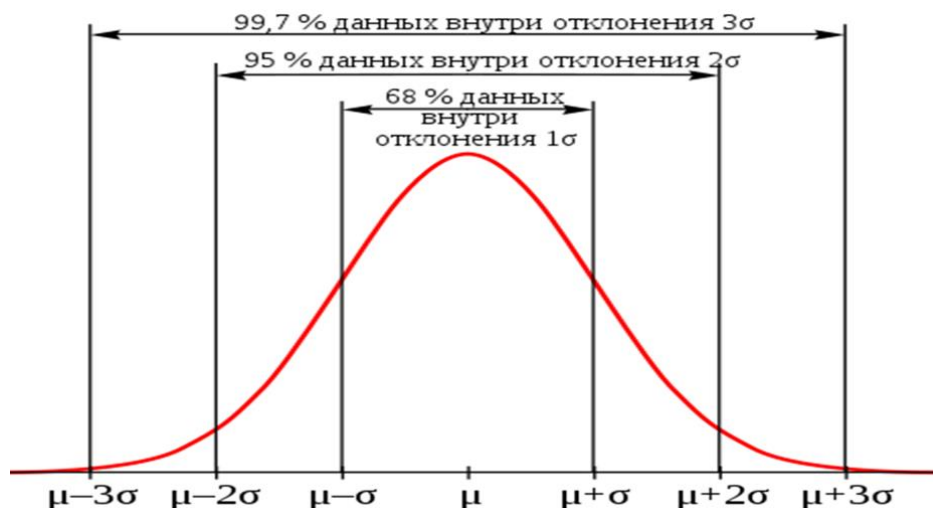


Рисунок 1. График данных по закону нормального распределения Гаусса

Значение и смещение асимметрии вычисляется по формуле:

$$g_1 = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^3, \quad (17)$$

где: n – объём выборки;
 X_i – наблюдения;
 $X_{ср}$ – среднее арифметическое;
 s – стандартное отклонение.

Если: $g_1 = 0$, тогда распределение симметрично;

$g_1 > 0$, тогда распределение имеет «правостороннюю асимметрию»;

$g_1 < 0$, тогда распределение имеет «левостороннюю асимметрию».

Коэффициент эксцесса вычисляется по формуле 18:

$$g_2 = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (18)$$

Если: $g_2 = 0$, тогда распределение по «пиковости» совпадает с нормальным;

$g_2 > 0$, тогда более «острое» распределение;

$g_2 < 0$, тогда более «плоское» распределение.

Коэффициент эксцесса характеризует меру «плоскости» распределения данных, т.е. позволяет понять, насколько исследуемое распределение отличается от нормального распределения по высоте и ширине.

Математическая модель расчёта данных коэффициентов с визуализацией полученных результатов позволяет провести такое исследование и сделать определённые выводы по рассматриваемому варианту. Модель разработана на базе электронных таблиц "EXCEL", она универсальна и позволяет исследовать различные варианты распределений.

Так как логистические процессы складских работ имеют стохастический характер, в данной представленной математической модели для исследования показателей в качестве исходных данных содержатся количественные показатели, сформированные при помощи генератора случайных чисел стандартной процедуры электронных таблиц «Excel».

В данной работе приводится пример проведённого исследования в виде полной таблицы и графиков по полученным результатам расчётов.

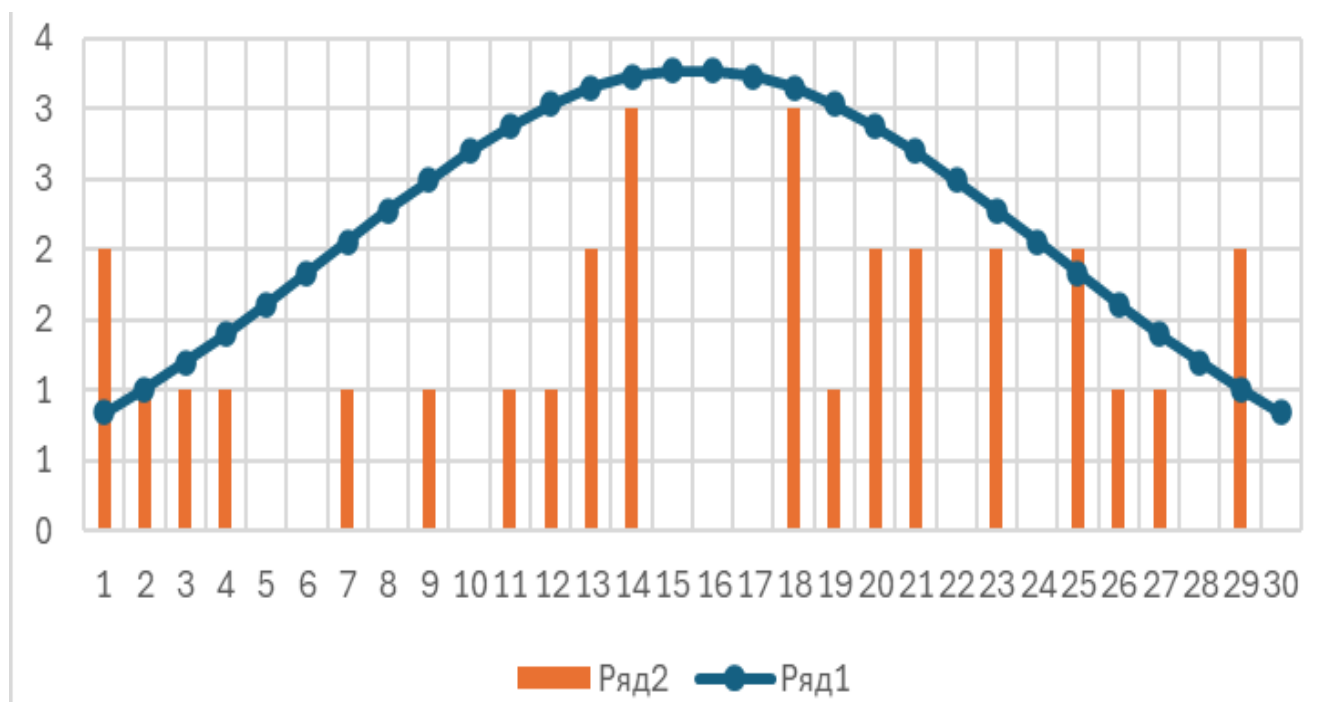


Рисунок 2. Совмещённый график идеального ЗНР (сплошная линия) и частоты фактических данных (гистограмма)

Таблица 4. Математическая модель расчёта коэффициентов асимметрии и эксцесса

№ набл.	Факт. выборка	Значение норм. распр.	Для графика факт. выборки	Ст_откл. в кубе	Ст_откл. в 4 степени	Данные для графика ЗНР	Значение норм. распр.	для графика идеал. выборки	Частота для гистогр.
1	50	0,0055100	0,83	-5,79	10,39	50	0,0070316	0,84	2
2	52	0,0069979	1,05	-4,55	7,54	51,66	0,0084237	1,01	1
3	52	0,0069979	1,05	-4,55	7,54	53,32	0,0099622	1,20	1
4	53	0,0078299	1,17	-4,00	6,36	54,98	0,0116305	1,40	1
5	55	0,0096625	1,45	-3,04	4,41	56,64	0,0134042	1,61	0
6	60	0,0150307	2,25	-1,34	1,48	58,30	0,0152503	1,83	0
7	63	0,0184982	2,77	-0,72	0,64	59,96	0,0171283	2,06	1
8	65	0,0207405	3,11	-0,43	0,33	61,62	0,0189908	2,28	0
9	69	0,0246159	3,69	-0,11	0,05	63,28	0,0207860	2,49	1
10	70	0,0253869	3,81	-0,07	0,03	64,94	0,0224592	2,70	0
11	70	0,0253869	3,81	-0,07	0,03	66,60	0,0239559	2,87	1
12	73	0,0270583	4,06	-0,01	0,00	68,26	0,0252248	3,03	1
13	73	0,0270583	4,06	-0,01	0,00	69,92	0,0262204	3,15	2
14	73	0,0270583	4,06	-0,01	0,00	71,58	0,0269059	3,23	3
15	79	0,0270065	4,05	0,01	0,00	73,24	0,0272553	3,27	0
16	80	0,0265486	3,98	0,02	0,01	74,90	0,0272553	3,27	0
17	80	0,0265486	3,98	0,02	0,01	76,56	0,0269059	3,23	0
18	81	0,0259737	3,90	0,04	0,02	78,22	0,0262204	3,15	3
19	83	0,0245060	3,68	0,12	0,06	79,88	0,0252248	3,03	1
20	83	0,0245060	3,68	0,12	0,06	81,54	0,0239559	2,87	2
21	84	0,0236330	3,54	0,17	0,10	83,20	0,0224592	2,70	2
22	85	0,0226821	3,40	0,25	0,16	84,86	0,0207860	2,49	0
23	88	0,0194843	2,92	0,58	0,49	86,52	0,0189908	2,28	2
24	89	0,0183451	2,75	0,74	0,67	88,18	0,0171283	2,06	0
25	91	0,0160305	2,40	1,14	1,18	89,84	0,0152503	1,83	2
26	92	0,0148777	2,23	1,38	1,53	91,50	0,0134042	1,61	1
27	93	0,0137419	2,06	1,65	1,95	93,16	0,0116305	1,40	1
28	95	0,0115562	1,73	2,30	3,04	94,82	0,0099622	1,20	0
29	98	0,0085972	1,29	3,57	5,45	96,48	0,0084237	1,01	2
30	99	0,0077157	1,16	4,07	6,51	98,14	0,0070316	0,84	0
Хср. =	76			-8,53	60,03	74	K_{Pirson}	Коэффициент масшт.	
СКО=	14,4	Ассим расч.=		-0,32	-0,79	14,6	0,99	4	
Медиана =	79,5			пр/стор	плоская	K_{Pirson}	0,99		
Смещение М	3,6	Ассим станд.=		-0,30	-0,96	Это проверка			

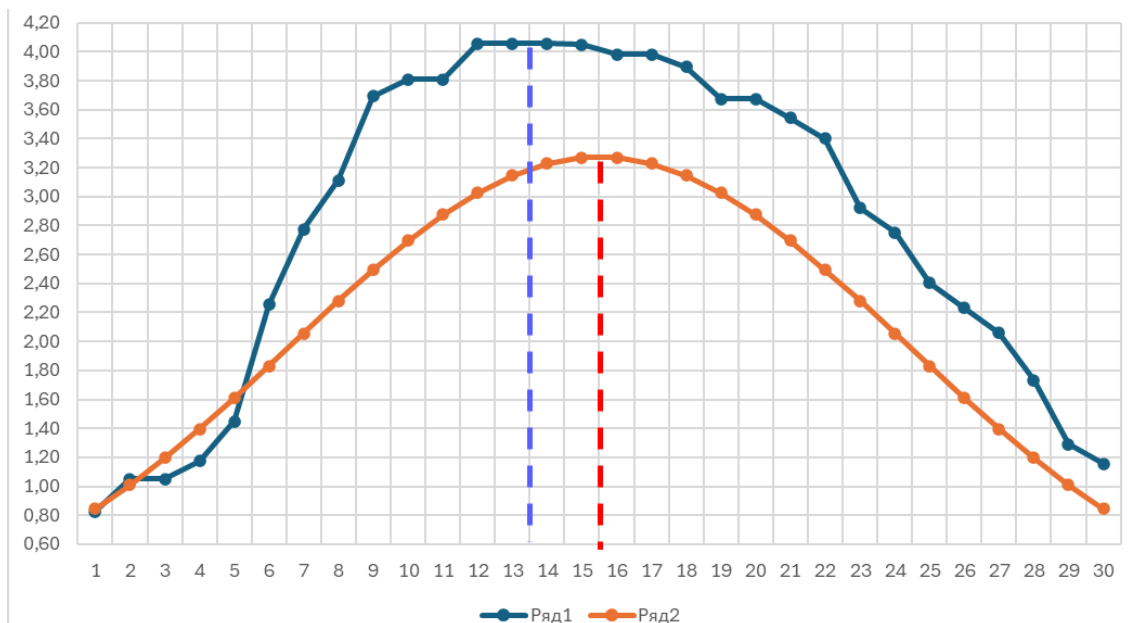


Рисунок 3. Сравнение данных фактической выборки и идеального графика выборки ЗНР

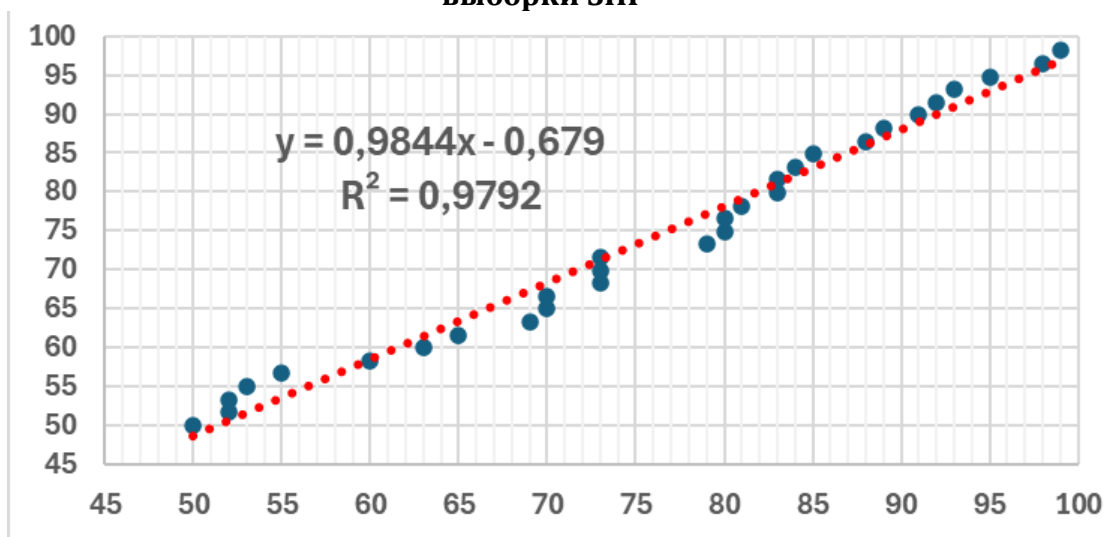


Рисунок 4. Точечная диаграмма фактической и идеальной выборок данных с линией тренда

Заключение

В настоящей статье разработан и обоснован комплексный методический подход к расчёту, контролю и анализу складских запасов, объединяющий семь взаимосвязанных аналитических инструментов. Предложенная методология позволяет перейти от оценки единичных показателей к системному многоаспектному анализу динамики запасов, обеспечивая объективную информационную основу для принятия управленческих решений. Совмещённая матрица ABC–XYZ визуализирует распределение ассортимента по стратегической значимости и предсказуемости спроса, наглядно выявляя как зоны максимальной эффективности (ячейка AX), так и незадействованные резервы развития

[8,14]. Коэффициент осцилляции служит оперативным индикатором нестабильности запасов и позволяет своевременно диагностировать эффект «хлыста» в цепи поставок [10,11]. Анализ коэффициентов асимметрии и эксцесса обеспечивает проверку соответствия данных нормальному закону распределения, что критически важно для корректного планирования страхового запаса. Все расчётные модели реализованы на базе Microsoft Excel без специализированного программного обеспечения [13], что делает методику доступной для предприятий любого масштаба.

Для количественной оценки эффективности предложенной методики выполнено сопоставление двух сценариев расчёта страхового запаса на случай всплесков спроса (формула 2): базового, при котором для всех 18 ассортиментных позиций применяется единый коэффициент вариации, равный среднему по выборке значению ($CV_{ср} = 10,9\%$), и предложенного, при котором коэффициент вариации CV_i принимается индивидуально по каждой позиции в соответствии с результатами XYZ-анализа (табл. 5).

Таблица 5. Оценка экономического эффекта дифференцированного расчёта страхового запаса по методике XYZ-анализа

АГ	Qi, т	CV, %	Ps _r , т/нед.	Uszvsp (баз.), т	Uszvsp (предл.), т	Δ, т	Δ, %
1	1093	4.9	91.08	9.90	4.46	+5.43	+54.9
2	957	8.2	79.75	8.67	6.54	+2.13	+24.5
3	826	6.7	68.83	7.48	4.61	+2.87	+38.3
4	609	7.8	50.75	5.51	3.96	+1.56	+28.2
5	500	6.4	41.67	4.53	2.67	+1.86	+41.1
6	114	9.1	9.50	1.03	0.86	+0.17	+16.3
7	108	9.3	9.00	0.98	0.84	+0.14	+14.4
8	107	12.4	8.92	0.97	1.11	-0.14	-14.1
9	103	12.2	8.58	0.93	1.05	-0.11	-12.3
10	95	30.0	7.92	0.86	2.38	-1.51	-176.1
11	92	6.7	7.67	0.83	0.51	+0.32	+38.3
12	90	11.9	7.50	0.82	0.89	-0.08	-9.5
13	85	3.5	7.08	0.77	0.25	+0.52	+67.8
14	79	8.6	6.58	0.72	0.57	+0.15	+20.9
15	79	2.5	6.58	0.72	0.16	+0.55	+77.0
16	73	16.7	6.08	0.66	1.02	-0.35	-53.7

АГ	Qi, т	CV, %	Psг, т/нед.	Uszvsp (баз.), т	Uszvsp (предл.), т	Δ, т	Δ, %
17	69	25.6	5.75	0.62	1.47	-0.85	-135.6
18	68	13.1	5.67	0.62	0.74	-0.13	-20.6
Итого	5147	—	—	46.61	34.08	-12.52	-26.9

Примечание: расчёт выполнен по формуле (2) при $P_{сг} = Q_i/12$ (период наблюдения — 12 недель), $U_{svsp(баз.)}$ — при едином для всей выборки коэффициенте вариации $CV_{ср} = 10,9\%$, применяемом без учёта XYZ-дифференциации; $U_{svsp(предл.)}$ — при фактическом CV позиции согласно таблице 2.

Расчёт показал, что суммарная величина страхового запаса по всей номенклатуре снижается с 46,6 до 34,1 т, то есть на 12,5 т, или на 26,9 %. Снижение достигается за счёт позиций категории X (1–7, 11, 13–15), для которых единый коэффициент вариации существенно завышал требуемый буфер относительно их фактической стабильности спроса. Одновременно для позиций категории Z (10, 17) и части категории Y (8, 9, 12, 16, 18) страховой запас, напротив, увеличивается — на 176,1; 135,6; 14,1; 12,3; 9,5 и 20,6 % соответственно, — что отражает их повышенную нестабильность и компенсирует риск дефицита, ранее недооценённый при усреднённом подходе.

Таким образом, дифференцированный расчёт страхового запаса по методике XYZ-анализа не просто перераспределяет, а сокращает совокупный объём запасов, одновременно повышая обоснованность его распределения между позициями: снижение нагрузки на стабильные позиции категории X превышает прирост, необходимый для защиты нестабильных позиций категории Z и части Y. Полученное сокращение среднего запаса $Z_{сг}$ прямо пропорционально снижает затраты на связанный капитал K_{svz} (формула 12) и повышает скорость товарооборота V_{toi} (формула 5) при неизменном объёме товарооборота O_i . Необходимо учесть, что для позиций, по которым страховой запас снижается (категория X), полученный эффект должен подтверждаться сохранением уровня готовности к поставке G_{post} (формулы 8–10) на прежнем уровне. В противном случае экономия на запасах будет достигнута за счёт роста риска дефицита, что не совсем соответствует целям предложенной методики.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка автоматизированной системы поддержки решений [4,12,17], интегрирующей предложенные инструменты в единую цифровую платформу управления запасами с функцией автоматического формирования рекомендаций.

Вклад авторов:

Кабикенов С.Ж. — внёс существенный вклад в разработку концепции и методологии исследования, определение целей и задач работы; осуществлял научное руководство исследованием; принимал участие в анализе и интерпретации полученных результатов; выполнил критический пересмотр содержания статьи и утвердил окончательный вариант рукописи для публикации.

Шалаев В.В. — осуществлял сбор, систематизацию и обработку исходных данных; выполнял расчёты показателей управления складскими запасами; участвовал в разработке аналитических материалов и подготовке графических и табличных данных; принимал

участие в написании основных разделов статьи и согласовал окончательную версию рукописи.

Киселёва Г.В. – проводила анализ эффективности методов управления складскими запасами; выполняла оценку результатов исследования и их практической значимости; участвовала в подготовке обзора литературы и оформлении статьи в соответствии с требованиями издания; утвердила окончательный вариант статьи и согласилась нести ответственность за достоверность представленных данных и научную корректность исследования.

Кутъенко С.Ю. – принимал участие в разработке математической модели анализа складских запасов; осуществлял программную реализацию расчётных алгоритмов в среде Microsoft Excel; выполнял проверку корректности вычислений и визуализацию результатов исследования; участвовал в подготовке разделов статьи, посвящённых статистическому анализу данных; согласовал окончательный вариант рукописи и принял ответственность за достоверность представленных расчётов.

Список литературы

1. Waters D. Inventory Control and Management (2nd edition, ISBN 978-0470514139). John Wiley & Sons: Chichester, United Kingdom, 2009; Vol. 1, pp. 75–184.
2. Silver E.A., Pyke D.F., Thomas D.J. Inventory and Production Management in Supply Chains (4th edition, ISBN 978-1439806111). CRC Press: Boca Raton, USA, 2016; Vol. 1, pp. 89–267.
3. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management (5th edition, ISBN 978-1292083797). Pearson Education: Harlow, United Kingdom, 2016; Vol. 1, pp. 154–196.
4. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation (7th edition, ISBN 978-0134731889). Pearson: New York, USA, 2019; Vol. 1, pp. 312–428.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика (12-е изд., ISBN 978-5-9916-9810-6). Юрайт: Москва, Россия, 2023; Т. 1, с. 215–387.
6. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики (5-е изд., ISBN 978-5-534-18798-6). Юрайт: Москва, Россия, 2024; Т. 1, с. 186–352.
7. Сергеев В.И. Логистика и управление цепями поставок (ISBN 978-5-534-15752-1). Юрайт: Москва, Россия, 2023; Т. 1, с. 201–364.
8. Лукинский В.С., Лукинский В.В., Плетнева Н.Г. Логистика и управление цепями поставок (ISBN 978-5-534-11323-7). Юрайт: Москва, Россия, 2022; Т. 1, с. 145–286.
9. Heizer J., Render B., Munson C. Operations Management: Processes and Supply Chains (13th edition, ISBN 978-0134741062). Pearson Education: Boston, USA, 2020; Vol. 1, pp. 512–545.
10. Lee H.L., Padmanabhan V., Whang S. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. Management Science. Vol. 43, No. 4, USA, 1997. pp. 546–558.
11. Lee H.L., Padmanabhan V., Whang S. The Bullwhip Effect in Supply Chains. Sloan Management Review. Vol. 38, No. 3, USA, 1997. pp. 93–102.
12. Richards G. Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse (4th edition, ISBN 978-1398602045). Kogan Page: London, United Kingdom, 2022; Vol. 1, pp. 201–384.
13. Microsoft Excel Documentation. Доступно онлайн: <https://support.microsoft.com/excel>
14. ABC Supply Chain. ABC XYZ Analysis in Inventory Management. Доступно онлайн: <https://abcsupplychain.com/abc-xyz-analysis/>

15. AnyLogistix. Safety Stock Estimation in Supply Chain Management. Доступно онлайн: <https://www.anylogistix.com/safety-stock-in-supply-chain-management/>
16. Demiray Kırmızı S., Ceylan Z., Bulkan S. Enhancing Inventory Management through Safety-Stock Strategies — A Case Study. Systems, Vol. 12, No. 7, 260. MDPI: Basel, Switzerland, 2024. <https://doi.org/10.3390/systems12070260>
17. Fan L., Song Z., Mao W. et al. Change Is Safer: A Dynamic Safety Stock Model for Inventory Management of Large Manufacturing Enterprise Based on Intermittent Time Series Forecasting. Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 36, pp. 3983–4003. Springer: Cham, Switzerland, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10845-024-02442-y>
18. Niekurzak M., Mikulik J. Inventory Segmentation and Demand Forecasting as Tools Supporting Sustainable Resource Management in a Manufacturing Company. Sustainability, Vol. 18, No. 8, 4047. MDPI: Basel, Switzerland, 2026. <https://doi.org/10.3390/su18084047>

S.Zh. Kabikenov*, V.V. Shalaev, G.V. Kiseleva, S.Yu. Kutyenko

*Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University",
Karaganda, Kazakhstan*

Calculation, Control and Analysis in Warehouse Inventory Management

Abstract. The article examines the possibilities of using Excel spreadsheets for monitoring, analyzing, and managing warehouse inventories in logistics systems. The purpose of the study is to develop and substantiate practical approaches to assessing inventory management efficiency based on Excel tools and modern logistics analysis methods. The main areas of research include calculating optimal and average inventory levels, evaluating inventory turnover, analyzing the level of delivery service, and applying ABC and XYZ analysis for the classification of product groups. The scientific significance of the study lies in the integrated application of statistical and logistics methods aimed at improving the quality of managerial decision-making. The research methodology is based on economic and mathematical methods, statistical analysis, and the use of variation, oscillation, skewness, and kurtosis coefficients, followed by visualization of the results using Excel tools. As a result, a universal inventory analysis model was developed, making it possible to identify demand instability, assess the risks of shortages and excess inventories, and optimize replenishment processes. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the proposed model to improve warehouse logistics efficiency, reduce costs, and enhance the quality of material flow management.

Keywords: warehouse inventory, Excel spreadsheets, ABC analysis, XYZ analysis, inventory turnover, coefficient of variation, oscillation coefficient.

References

1. Waters D. Inventory Control and Management (2nd edition, ISBN 978-0470514139). John Wiley & Sons: Chichester, United Kingdom, 2009; Vol. 1, pp. 75–184.
2. Silver E.A., Pyke D.F., Thomas D.J. Inventory and Production Management in Supply Chains (4th edition, ISBN 978-1439806111). CRC Press: Boca Raton, USA, 2016; Vol. 1, pp. 89–267.
3. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management (5th edition, ISBN 978-1292083797). Pearson Education: Harlow, United Kingdom, 2016; Vol. 1, pp. 154–196.

4. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation (7th edition, ISBN 978-0134731889). Pearson: New York, USA, 2019; Vol. 1, pp. 312–428.
5. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika (12th ed., ISBN 978-5-9916-9810-6). Yurait: Moscow, Russia, 2023; Vol. 1, pp. 215–387. [in Russian]
6. Eliseeva I.I., Yuzbashev M.M. Obshchaya teoriya statistiki (5th ed., ISBN 978-5-534-18798-6). Yurait: Moscow, Russia, 2024; Vol. 1, pp. 186–352. [in Russian]
7. Sergeev V.I. Logistika i upravlenie tsepyami postavok (ISBN 978-5-534-15752-1). Yurait: Moscow, Russia, 2023; Vol. 1, pp. 201–364. [in Russian]
8. Lukinskiy V.S., Lukinskiy V.V., Pletneva N.G. Logistika i upravlenie tsepyami postavok (ISBN 978-5-534-11323-7). Yurait: Moscow, Russia, 2022; Vol. 1, pp. 145–286. [in Russian]
9. Heizer J., Render B., Munson C. Operations Management: Processes and Supply Chains (13th edition, ISBN 978-0134741062). Pearson Education: Boston, USA, 2020; Vol. 1, pp. 512–545.
10. Lee H.L., Padmanabhan V., Whang S. Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. Management Science. Vol. 43, No. 4, USA, 1997. pp. 546–558.
11. Lee H.L., Padmanabhan V., Whang S. The Bullwhip Effect in Supply Chains. Sloan Management Review. Vol. 38, No. 3, USA, 1997. pp. 93–102.
12. Richards G. Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse (4th edition, ISBN 978-1398602045). Kogan Page: London, United Kingdom, 2022; Vol. 1, pp. 201–384.
13. Microsoft Excel Documentation. Доступно онлайн: <https://support.microsoft.com/excel>
14. ABC Supply Chain. ABC XYZ Analysis in Inventory Management. Доступно онлайн: <https://abcsupplychain.com/abc-xyz-analysis/>
15. AnyLogistix. Safety Stock Estimation in Supply Chain Management. Доступно онлайн: <https://www.anylogistix.com/safety-stock-in-supply-chain-management/>
16. Demiray Kirmizi, S.; Ceylan, Z.; Bulkan, S. Enhancing Inventory Management through Safety-Stock Strategies — A Case Study. Systems 2024, 12, 260. <https://doi.org/10.3390/systems12070260>
17. Fan, L.; Song, Z.; Mao, W. et al. Change Is Safer: A Dynamic Safety Stock Model for Inventory Management of Large Manufacturing Enterprise Based on Intermittent Time Series Forecasting. Journal of Intelligent Manufacturing 2025, 36, 3983–4003. <https://doi.org/10.1007/s10845-024-02442-y>
18. Niekurzak, M.; Mikulik, J. Inventory Segmentation and Demand Forecasting as Tools Supporting Sustainable Resource Management in a Manufacturing Company. Sustainability 2026, 18, 4047. <https://doi.org/10.3390/su18084047>

Сведения об авторах:

Кабикенов Сапар Жомартович – автор для корреспонденции, кандидат технических наук, профессор НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», пр. Н. Назарбаева, 53а

Шалаев Владимир Васильевич – старший преподаватель НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», мкрн. Степной-2, 6-72, 100024, Караганда, Казахстан

Киселёва Галина Владимировна – магистр технических наук, старший преподаватель НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», мкрн. Восток-2, 10-117, 100029, Караганда, Казахстан

Кутьенко Сергей Юрьевич – магистр экономических наук, старший преподаватель НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», ул. Керамическая, 82а-24, 100022, Караганда, Казахстан

Kabikenov Sapar Zhomartovich – corresponding Author, Candidate of Technical Sciences, Professor, Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", 53/1-41 N. Nazarbayev Avenue, 100017, Karaganda, Kazakhstan

Shalaev Vladimir Vasilyevich – Senior Lecturer, Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", Stepnoy-2 Microdistrict, 6-72, 100024, Karaganda, Kazakhstan

Kiseleva Galina Vladimirovna – Master of Technical Sciences, Senior Lecturer, Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", Vostok-2 Microdistrict, 10-117, 100029, Karaganda, Kazakhstan

Kutyenko Sergey Yuryevich – Master of Economic Sciences, Senior Lecturer, Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", Keramicheskaya Street, 82a-24, 100022, Қарағанды, Қазақстан



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).