

https://doi.org/10.51885/3134-8009_IJS_2026_3_20

MPNТИ 73.01.75

ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СКЛАДСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ҚОЙМА ҚЫЗМЕТІНІҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ КӨРСЕТКІШІ РЕТІНДЕ ЛОГИСТИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ

INTERRELATION OF LOGISTICS PROCESSES AS AN INDICATOR OF WAREHOUSE OPERATIONS EFFICIENCY

С.Ж. Кабикенов ^{1*}, В.В. Шалаев ¹, Г.В. Киселёва ¹, С.Ю. Кутъенко ¹¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», г. Караганда, Казахстан

*Автор-корреспондент: Кабикенов Сапар Жомартович, e-mail: s.kabikenov@ktu.edu.kz

Ключевые слова:

складская логистика,
управление запасами,
коэффициент
корреляции,
корреляционный анализ,
складские потоки, Excel-
модель, дефицит запасов,
тренд.

АННОТАЦИЯ

В статье предложен метод оценки взаимосвязи логистических процессов склада на основе ковариационного и корреляционного анализа. Цель исследования заключается в разработке и апробации математической модели, позволяющей оценивать степень взаимосвязи потоков поставок и убытия товаров, что повысит эффективность управления складскими запасами. Метод апробирован на данных за январь 2026. Преимущество: реализация в Excel без специализированного ПО — инструмент доступен для предприятий любого масштаба. В ходе исследования выполнен анализ складских процессов на основе фактических данных, что позволило определить уровень синхронизации материальных потоков и выявить характерные сценарии управления запасами. Результаты показали объективную оценку предложенного подхода для диагностики дефицита, затоваривания и отклонений от договорных показателей. Практическая значимость работы заключается в возможности использования модели для оперативного мониторинга складской деятельности, снижения уровня страховых запасов, повышения готовности к поставке и сокращения логистических издержек. Модель может быть использована как основа для Excel-мониторинга складских потоков и последующей интеграции в цифровые инструменты управления запасами на складе.

Түйінді сөздер:

Қойма логистикасы,
қорларды басқару,
корреляция коэффи-
циенті, корреляциялық
талдау, қойма ағындары,
Excel моделі, қорлардың
жетіспеушілігі, үрдіс.

ТҮЙІНДЕМЕ

Бұл мақалада ковариация және корреляциялық талдау негізінде қойма логистикасы процестері арасындағы өзара байланысты бағалау әдісі ұсынылған. Зерттеудің мақсаты – жеткізу мен шығыс ағындары арасындағы өзара байланыстың дәрежесін бағалауға арналған математикалық модельді әзірлеу және тексеру, осылайша қойма қорларын басқарудың тиімділігін арттыру. Әдіс 2026 жылдың қаңтар айындағы деректерді пайдаланып сыналды.



Артықшылығы: Excel бағдарламасында мамандандырылған бағдарламалық жасақтамасыз енгізу - құрал кез келген көлемдегі бизнес үшін қолжетімді. Зерттеу нақты деректерге негізделген қойма процестерін талдады, бұл бізге материалдық ағындарды синхрондау деңгейін анықтауға және қорларды басқарудың типтік сценарийлерін анықтауға мүмкіндік берді. Нәтижелер тапшылықты, артық қорларды және келісімшарттық көрсеткіштерден ауытқуларды диагностикалау үшін ұсынылған тәсілдің объективті бағасын көрсетті. Зерттеудің практикалық маңыздылығы модельді қойма операцияларын жедел бақылау, қауіпсіздік қорлары деңгейін төмендету, жеткізуге дайындықты арттыру және логистика шығындарын азайту үшін пайдалану мүмкіндігінде жатыр. Модельді қойма ағындарын Excel негізінде бақылау және кейіннен сандық қорларды басқару құралдарына интеграциялау үшін негіз ретінде пайдалануға болады.

Keywords:

Warehouse logistics,
inventory management,
correlation coefficient,
correlation analysis,
warehouse flows, Excel
model, inventory
shortages, trend.

ABSTRACT

This article proposes a method for assessing the interrelationships between warehouse logistics processes based on covariance and correlation analysis. The objective of the study is to develop and test a mathematical model for assessing the degree of interrelationship between supply and outflow flows, thereby improving the efficiency of warehouse inventory management. The method was tested using data from January 2026. Advantage: implementation in Excel without specialized software—the tool is accessible to businesses of any size. The study analyzed warehouse processes based on actual data, allowing us to determine the level of material flow synchronization and identify typical inventory management scenarios. The results demonstrated an objective assessment of the proposed approach for diagnosing shortages, overstocking, and deviations from contractual indicators. The practical significance of the study lies in the potential use of the model for operational monitoring of warehouse operations, reducing safety stock levels, increasing delivery readiness, and reducing logistics costs. The model can be used as a basis for Excel-based monitoring of warehouse flows and subsequent integration into digital inventory management tools.

ВВЕДЕНИЕ

Управление товарными запасами на складе представляет собой одну из ключевых задач логистики, определяющую операционную устойчивость и конкурентоспособность торгово-логистических предприятий. Складской запас формируется в результате непрерывного взаимодействия двух стохастических материальных потоков — входящего (поступление товаров от поставщиков) и исходящего (убытие товаров по заявкам потребителей) (Bowersox et al., 2019; Christopher, 2022). Рассогласованность этих потоков ведёт либо к избыточному затовариванию, сопряжённому с омертвлением оборотного капитала и неэффективным использованием складских площадей, либо к дефициту, снижающему уровень клиентского сервиса и исполнения заявок. Несмотря на очевидную значимость данной проблемы, вопрос количественной оценки характера и силы взаимовлияния потоков поступления и убытия товаров остаётся недостаточно систематизированным в отечественной практике складской логистики (Лукинский и др., 2022; Сергеев, 2023).

Традиционные подходы, как правило, анализируют входящий и исходящий потоки отдельно, не учитывая направленность и интенсивность их статистической взаимосвязи. Нерешёнными остаются вопросы: как устранить эффект ложной корреляции при наличии

сезонности или тренда; как оперативно, без специализированного программного обеспечения осуществлять мониторинг взаимовлияния потоков в условиях динамично меняющейся логистической среды; каким образом встроить показатели корреляционного анализа в повседневный управленческий инструментарий логиста. Необходимо разработать инструмент количественной оценки взаимовлияния складских потоков и верифицировать его на основании фактических данных предприятия.

Компактный обзор литературы показывает, что в современных исследованиях складской логистики основное внимание уделяется управлению запасами, устойчивости цепей поставок, цифровизации логистических процессов и применению аналитических моделей для поддержки управленческих решений (Chopra & Meindl, 2019; Heizer et al., 2020; Richards, 2025). В работах M. Christopher, D. Waters, G. Richards, D. Ivanov и других авторов подчёркивается необходимость перехода от раздельного анализа поставок и отгрузок к оценке согласованности материальных потоков во времени (Ivanov, 2019; Christopher, 2022). При этом практическое применение корреляционного и ковариационного анализа в повседневном управлении складскими запасами остаётся недостаточно формализованным, особенно для предприятий, использующих доступные инструменты на базе электронных таблиц (Microsoft Excel Documentation, 2025).

Складские запасы должны обеспечить непрерывную деятельность предприятий договорных клиентов в течение обусловленного времени с учётом регулярного пополнения до необходимого уровня запаса. Но два внешних процесса – поставки товара от поставщиков и убытие товаров потребителям по заявкам, а также внутренний процесс обработки в процессе нахождения на складе динамически оказывают определённое влияние. Товары, находящиеся на складе, представляют собой запасы по различным видам и ассортиментным группам. Поставки и убытие товаров динамично меняют величину запаса, что может привести или к затовариванию склада или к дефициту (Richards, 2025).

Следовательно, для оценки устойчивости запасов необходимо анализировать не только объём поставок и убытия, но и степень их статистической согласованности, что необходимо учитывать при управлении стабильностью запасов.

Цель исследования – разработать методический инструмент цифровой оценки взаимовлияния складских потоков и проверить его на реальных данных предприятия. Задачи исследования:

1. Уточнить теоретические основания применения ковариационного и корреляционного анализа для оценки взаимосвязи складских материальных потоков;
2. Сформировать расчётную модель оценки согласованности потоков поступления и убытия товаров с возможностью реализации в среде Excel;
3. Апробировать предложенную модель на модельной выборке и фактических данных складской деятельности за январь 2026 г.;
4. Интерпретировать полученные коэффициенты с позиции диагностики дефицита, затоваривания и общей синхронизации складских потоков.

Практическую апробацию провести на фактических данных по складу за январь 2026 г. по 10 ассортиментным позициям продовольственной группы при суммарном объёме поставок 707 т и убытия 634 т.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является складская логистическая система торгово-логистического предприятия, осуществляющего хранение и дистрибуцию продовольственных товаров по 10 ассортиментным группам. Предметом исследования выступает статистическая взаимосвязь потоков поставок (переменная X , т) и убытия (переменная Y , т) товаров как индикатор эффективности управления запасами. В качестве

материала исследования использованы: (1) оперативные данные о ежедневном движении товаров на складе за январь 2026 г. по 10 ассортиментным позициям (картофель, капуста, огурцы, помидоры, мандарины и др.) при общем объеме прибытия за месяц 707 т и убытия 634 т; (2) модельная выборка объемом $n = 25$ ($X = 192$ ед., $\bar{Y} = 109$ ед.), сформированная для демонстрации расчётного алгоритма.

Методическая особенность исследования заключается в сочетании трёх элементов: во-первых, анализа уровней складских потоков, последовательных разностей и сопоставления полученных коэффициентов с плановыми показателями запасов.

Во-вторых, на базе Excel выполнена накопительная таблица учёта движения товара на календарный месяц. Для развития и углубления статистического анализа за год необходимо организовать 12 закладок по месяцам и одну сводную закладку с автоматическим расчётом коэффициентов корреляции и ковариации и переносом данных в сводную таблицу.

В-третьих, интеграцией показателей взаимовлияния потоков с плановыми данными по запасам, что позволяет оценивать эффективность корректирующих мероприятий на границе каждого планового периода. Граница допустимого отклонения запасов от плана принята равной $\pm 10\%$, что является практически обоснованным порогом для стохастических складских процессов.

В рамках исследования ковариация используется не как самостоятельный показатель силы связи, а как промежуточная расчётная величина. Её знак показывает направление совместного изменения потоков: положительное значение указывает на однонаправленное изменение поставок и убытия, отрицательное — на разнонаправленную динамику, характерную для нестабильных или конкурирующих ассортиментных позиций (Chopra & Meindl, 2019).

Выборочная ковариация (Sample Covariance) вычисляется по следующей методике с применением стандартных процедур электронных таблиц (Microsoft Excel Documentation, 2025):

- определить средние значения двух выборок – поставок и убытия товаров;
- вычислить отклонение между каждым значением выборки и её средним значением;
- перемножить отклонения обеих выборок и суммировать результат произведений;
- найти среднее значение суммарного результата произведений (для выборочной ковариации количество произведений в сумме должно составлять $n-1$. Это и будет выборочная ковариация двух переменных. Ковариация для генеральной совокупности вычисляется по полному количеству данных n в выборке.

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{\sum \Delta 1i \times \Delta 2i}{n-1}, \quad (1)$$

где: $\Delta 1i$ – отклонение значения первой выборки данных от её среднего значения;

$\Delta 2i$ – отклонение значения второй выборки данных от её среднего значения;

n – количество значений в выборке.

Ковариация не учитывает масштаб переменных и может быть чувствительна к выбросам данных. Поэтому всегда важно проводить дополнительный анализ и интерпретацию результатов. Выборочная ковариация является важным инструментом для изучения связи между переменными. Знак выборочной ковариации позволяет определить, в каком направлении две переменные меняются вместе. Однако по абсолютному значению ковариации нельзя судить о том, насколько сильно величины взаимосвязаны, так как масштаб зависит от их дисперсий.

Для оценки силы связи далее применяется нормированный показатель — коэффициент корреляции Пирсона, значение которого можно определить, поделив значение ковариации на произведение среднеквадратических отклонений (квадратных

корней из дисперсий). Коэффициент корреляции Пирсона показывает относительную силу зависимости или связи между двумя переменными, образующими двумерную выборку. Нормированная форма корреляции — коэффициент ρ — принимает значения в диапазоне $[-1; +1]$ и устраняет зависимость результата от единиц измерения и масштаба переменных. В складской интерпретации: значения ρ , близкие к «+1», фиксируют высокую синхронность потоков поставок и убытия; значение около нуля указывает на их статистическую независимость, что на практике нередко соответствует реактивному, а не плановому характеру управления запасами; значения ρ , близкие к «-1», говорят о сильном противофазном направлении поставок и убытия. Для качественной интерпретации значений коэффициента корреляции использована шкала Чеддока: абсолютные значения $|\rho|$ до 0,3 рассматриваются как слабая связь, 0,3–0,5 — умеренная, 0,5–0,7 — заметная, 0,7–0,9 — высокая, выше 0,9 — весьма высокая, (Шкала Чеддока, б.д.). Знак определяет направленность взаимовлияния.

Однако корреляция не доказывает причинно-следственную связь и может быть искажена сезонностью или трендом. Корреляция должна охватывать определённый временной период (дни, недели, месяцы...). Если наблюдается сезонность или изменение прибывающего и убывающего товара, что связано с планом развития процесса, то корреляция, естественно, всегда будет положительной.

В таких случаях рекомендуется применять кросс-корреляцию с временным сдвигом — это способ понять, насколько два временных ряда похожи, если один из них сдвинуть во времени. Например, рекламные мероприятия выполнены в какой-то начальный период, а изменения продаж могут наступить позже через какой-то срок, что и требуется учесть при определении коэффициента корреляции (Ivanov et al., 2019; Winkelhaus & Grosse, 2020).

Если связь примерно линейная и данные без сильных выбросов, то рекомендуется определять коэффициент корреляции по Пирсону; если связь монотонная, но не обязательно линейная, или есть выбросы типа «пилы», то применяется рейтинговая корреляция по Спирмену.

В общем виде по Пирсону коэффициент корреляции $\rho(X, Y)$ рассчитывается по формуле (2):

$$\rho(X, Y) = \frac{\text{Cov}(X, Y)}{S_X \times S_Y}, \quad (2)$$

где: $\text{Cov}(X, Y)$ — ковариация двух функций переменных;

S_X и S_Y — среднеквадратичные отклонения выборок X , Y , вычисленные по дисперсии или при помощи стандартной процедуры Excel.

Дополнительную аналитическую информацию даёт расчёт корреляции последовательных разностей динамических изменений каждой выборки (3). Эти изменения рассчитываются путём разности последовательных интервалов выборки. При этом получаются как положительные значения, так и отрицательные в обеих выборках, корреляция этих разниц в обеих выборках не всегда соответствует общей корреляции и может являться своеобразной характеристикой динамики процессов. Это по смыслу отвечает на вопрос: «Связаны ли изменения переменных X и Y по сравнению с исходными данными?».

$$\gamma_X = x_{i+1} - x_i \text{ (аналогично по } Y) \quad (3)$$

Практическая ценность анализа последовательных разностей определяется следующим: корреляция абсолютных уровней зачастую оказывается завышенной вследствие общего тренда: оба потока могут возрасти в силу сезонности, никак не синхронизируясь в краткосрочной перспективе. Разности $\gamma_X = x_{i+1} - x_i$ устраняют этот эффект и отвечают на более оперативный вопрос: «Согласованы ли текущие изменения потоков по направлению и величине?».

– При наличии выраженного тренда анализ уровней рискует зафиксировать ложную корреляцию: оба потока возрастают по сезону, хотя оперативной синхронизации между ними нет;

– При циклически синхронных колебаниях (например, еженедельный ритм поставок) разности частично разрушают повторяющийся паттерн, и получаемая корреляция отражает реальную краткосрочную согласованность, а не артефакт сезонности.

Коэффициент корреляции свидетельствует о линейной зависимости или связи между двумя переменными. Значение коэффициента Пирсона ρ учитывает зависимость от масштаба и имеет ранее указанные конечные значения. Значение, близкое к «+1», фиксирует синхронность двух функциональных процессов; значение около нуля — их статистическую независимость. Знак коэффициента корреляции определяет характер зависимости функций X и Y :

– сила зависимости лишь свидетельствует о наличии тенденции, характерной для данных выборок, что очень хорошо подтверждает точечный график двух функций и линия тренда с коэффициентом достоверности, рисунок 1;

– точечная диаграмма построена на основании данных математической модели учёта движения запасов товаров на складе по рабочим дням и за текущий месяц. Наклон линии тренда в сторону возрастания или убывания говорит о взаимном влиянии двух функциональных зависимостей X и Y ;



Рисунок 1. Тенденция взаимовлияния поставок и убытия товаров на складе

Примечание – составлено авторами

Значение коэффициента достоверности (детерминации) говорит о заметном уровне прямого взаимовлияния и, если извлечь квадратный корень из значения 0.5708, то получим число, указывающее на коэффициент корреляции, что является проверкой предыдущего расчёта $\rho = \sqrt{0.5708} = 0.76$.

Значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,5708$ означает, что примерно 57% изменений в убытии товаров можно объяснить изменением объёма поставок, которые зависят от таких факторов, как спрос, сезонность, ошибки учёта, срок хранения, задержки между поставками и фактическими убытиями и др.

Положительное значение коэффициента корреляции всегда говорит о синхронности обеих функций. Наиболее отдалённые точки от линии тренда – это отдельные выбросы значений, не укладывающиеся в зону нормального распределения данных, в данном случае это выбросы данных по выходным дням и по дням, когда не происходило поставок или убытия товаров. Уравнение линии тренда $y = 0,7131x + 4,3275$ показывает, что при увеличении поставок на 1 условную единицу убытие в среднем увеличивается примерно на 0,71 единицы, что снижает синхронность процессов.

Корреляция по соседним разностям позволяет понять динамику изменения зависимой функции от динамики основной, что происходит не всегда, несмотря на характер тренда или сезонности. Эта корреляция все-таки отвечает на вопрос: «Связаны ли изменения между собой?». Поставки являются важным фактором взаимовлияния, но не единственным, поэтому требуется уточнение анализа по указанным факторам влияния.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Расчёт выборочной ковариации по формуле (1) для модельной выборки ($n = 25$) дал значение $\text{Cov}(X,Y) = 245 > 0$, что подтверждает положительную направленность согласованности - потоки поставок и убытия в целом изменяются в одном направлении. Сила связи по Пирсону, вычисленная по формуле (2), составила $\rho = +0,314$, что по шкале Чеддока соответствует слабой прямой корреляции. Полученное значение указывает на слабую согласованность изменений между поставками и убытием в модельной выборке; следовательно, при таких данных управление запасами требует дополнительного контроля по отдельным позициям.

Динамическая корреляция последовательных разностей составила $\rho_{\text{дин}} = 0,356$, что указывает на умеренную краткосрочную согласованность изменений в модельной выборке. Следует различать назначение двух массивов данных: модельная выборка $n = 25$ использована для демонстрации расчётного алгоритма и не предназначена для окончательной характеристики работы конкретного склада; фактические данные за январь 2026 г. отражают реальный операционный период предприятия. Поэтому различие между $\rho = +0,314$ в модельной выборке и $\rho = +0,76$ по фактическим данным не является противоречием, а показывает разные уровни анализа: первый результат демонстрирует работу метода на условных стохастических данных, второй — характеризует фактическую синхронизацию потоков поступления и убытия в исследуемом месяце. Апробация математической модели по данным за январь 2026 г. (рисунок 2) выявила сильную прямую корреляцию между суточными потоками поступления и убытия товаров, что свидетельствует о выраженной однонаправленности процессов в рассматриваемом периоде. Вместе с тем данный вывод ограничен рамками одного календарного месяца и требует последующей проверки на более длительном временном ряду.

Вместе с тем позиционный анализ показывает, что общий положительный тренд по складу маскирует существенные дисбалансы по отдельным ассортиментным группам, требующим адресных управленческих воздействий.

В таблице 1 показан пример расчёта ковариации и коэффициента корреляции, исходные данные которых “X” и “Y” сформированы функцией электронных таблиц (Microsoft Excel Documentation, 2025) «Генератор случайных чисел», что позволяет в исследовательской модели учесть элемент стохастичности как поставок товаров, так и убытия. Для вычисления промежуточных значений достаточно внедрения простых математических формул и стандартных функций. Такая методология не требует специальных навыков программирования при автоматизации расчётов.

Таблица 1. Математическая модель расчёта корреляции и ковариации

№ п/п	Пос- тавки X	Убы- тие Y	Ковариация			Корреляция		Динамика изменения	
			Δi	Δj	$\Delta i \times \Delta j$	$D_i(X)$	$D_i(Y)$	$\bar{x} X$	$\bar{x} Y$
1	207	102	15	-7	-105	225	49	$\bar{x} X$	$\bar{x} Y$
2	171	134	-21	25	-525	441	625	-36	32
3	143	84	-49	-25	1225	2401	625	-28	-50
4	202	96	10	-13	-130	100	169	59	12

Окончание таблицы 1

№ п/п	Пос- тавки X	Убы- тие Y	Ковариация			Корреляция		Динамика	
			Δi	Δj	$\Delta i \times \Delta j$	$D_i(X)$	$D_i(Y)$	изменения	
5	211	126	19	17	323	361	289	9	30
6	211	76	19	-33	-627	361	1089	0	-50
7	153	80	-39	-29	1131	1521	841	-58	4
8	135	109	-57	0	0	3249	0	-18	29
9	156	124	-36	15	-540	1296	225	21	15
10	167	132	-25	23	-575	625	529	11	8
11	245	123	53	14	742	2809	196	78	-9
12	139	96	-53	-13	689	2809	169	-106	-27
13	154	89	-38	-20	760	1444	400	15	-7
14	197	141	5	32	160	25	1024	43	52
15	227	116	35	7	245	1225	49	30	-25
16	195	85	3	-24	-72	9	576	-32	-31
17	228	127	36	18	648	1296	324	33	42
18	131	88	-61	-21	1281	3721	441	-97	-39
19	239	108	47	-1	-47	2209	1	108	20
20	246	133	54	24	1296	2916	576	7	25
21	147	102	-45	-7	315	2025	49	-99	-31
22	193	139	1	30	30	1	900	46	37
23	239	83	47	-26	-1222	2209	676	46	-56
24	237	134	45	25	1125	2025	625	-2	51
25	236	109	44	0	0	1936	0	-1	-25
wsr	192	109	Сумма произведений			39	20		
Cov	245		Ковариация			31,4%		35,6%	
-	-	-	-	-	-	Корреляция		Корреляция динамическая	

Примечание – составлено авторами на основе модели с применением функции «Генератор случайных чисел» (Microsoft Excel Documentation, 2025)

Для анализа логистического процесса на складе, где осуществляются все операции по запасам, очень важной составляющей является накопление объективного статистического материала. Данную работу можно организовать на базе электронных таблиц (Microsoft Excel Documentation, 2025) в виде накопительной таблицы движения материального потока через склад за календарный месяц, рисунок 2.

Планирование обычно осуществляется на год, и текущий анализ в режиме практически реального времени может обеспечить математическая модель работы склада, которая требует организации в файле электронной таблицы Excel 12 закладок по месяцам календарного года и одной закладки с таблицей сводных данных, в которую будут автоматически переноситься итоговые данные с закладок по каждому месяцу.

[illegible]

Рисунок 2. Математическая модель контроля запасов на складе за январь 2026 года (пример модели)

Примечание – составлено авторами на основе данных работы склада (статистический отчёт по продуктовому складу, 2026)

Формат таблицы включает заголовок и суммарные данные по столбцам, отражающие общие показатели по складу. По строкам даётся информация по группам складского ассортимента, в данном примере представлено 10 ассортиментных групп. После наименования ассортимента в строке введены плановые и фактические данные, и в следующей ячейке по строке показан расчёт соотношения плана и остатка на начало месяца. Результат расчёта может быть положительным – имеется затоваривание по данной ассортиментной группе, и отрицательным – наличие дефицита.

Учитывая стохастичность процессов на складе, наличие затоваривания и дефицита является естественным процессом, поэтому логично предположить некоторые интервалы отклонения от плана и считать допустимыми пределами $\pm 10\%$. Если затоваривание склада по группе ассортимента более 10% , то это означает: занятость ресурса, потерянная выгода, снижение потребительских качеств товара за счёт внешнего влияния факторов и т.д., так же, как и дефицит более 10% – негативные последствия дают неудовлетворённость клиентов показателями исполнения заявок, при больших отклонениях требуют на следующий плановый период коррекции, глубина которых зависит от установленных анализом факторов: спрос, форс-мажор у поставщиков или потребителей, разрыв логистической цепочки в элементах, обеспечивающих непрерывность процесса логистики. В верхних ячейках вычисляются суммарные показатели по складу на начало месяца. Это общий плановый показатель, фактическое количество груза на начало месяца и показатель затоваривания (положительное значение) или дефицита (минус).

В средней части таблицы организованы колонки по всем дням текущего месяца. Незаполненными остаются только колонки по нерабочим дням месяца (выходные и праздничные дни). В ячейках над текущей датой дня месяца индексом «р» отмечаются рабочие дни склада. В выходные и праздничные дни индекс «р» не выставляется. Количество рабочих дней определяется автоматически. На каждую позицию ассортимента отводится две строки: верхняя - поставки товара, и нижняя - убытие. В те дни, когда производятся операции с товаром, выставляется соответствующее значение показателя обработанного груза в тоннах. В верхних двух строках заголовка таблицы показаны суммированные показатели поставок и убытия товаров по всем группам ассортимента.

По окончании календарного срока автоматически рассчитывается общая сумма за месяц как поставляемого товара, так и убывающего, рассчитывается наличие запаса в конце месяца, который опять сравнивается с плановым запасом в виде показателя затоваривания или дефицита. Сравнивая эти показатели в начале месяца и в конце, можно сделать вывод о работе склада и персонала, особенно если показатели критичны, т.е. более 10% . Расчёт дефицита/затоваривания производится по формуле:

$$D_i = \frac{(\text{Факті} - \text{Плані}) \times 100\%}{\text{Плані}}, \quad (4)$$

где: D_i – дефицит (отрицательное) или затоваривание (положительное значение).

Например, если в начале месяца было общее затоваривание, то в конце месяца желательно показать такую работу складской технологии и организацию, чтобы этот показатель демонстрировал положительную динамику в виде снижения расчётного коэффициента. Сравнивая эти два показателя в начале месяца и в конце, можно сделать вывод об эффективности корректирующих мероприятий, выполненных в текущем месяце. Показатель в конце месяца может уменьшиться – положительный эффект, увеличиться или остаться на прежнем уровне – корректировка неэффективна. Это общая оценка эффективности всего склада. В данном примере на начало месяца наблюдается дефицит хранимого – в целом по складу $6,7\%$, т.е. в пределах 10% лимита дефицит допустим в целом по складу. По окончании месяца данный показатель равен $3,3\%$, что меньше, чем в начале

месяца, и это положительная динамика по запасам в целом по складу (Heizer et al., 2020; Richards, 2025).

Проанализируем данные по каждому рабочему дню на протяжении месяца. При плановой работе показатели каждого рабочего дня могут быть равномерными, но в конце месяца общая сумма прибывающего груза составляет 707 тонн, а убывающего – 634 тонны. Эта разница показывает, за счёт чего уменьшился общий дефицит склада – большее поступление груза за месяц.

Аналогично можно проанализировать динамику изменения запасов по каждой группе ассортимента. Так, например, позиция по картофелю практически сохранена по дефициту – более 20%, основная причина кроется, возможно, в планировании поставок или в том, что не учли резкое возрастание спроса по каким-либо обстоятельствам. Аналогичная ситуация складывается по капусте и огурцам.

Затоваривание за месяц увеличилось по сравнению с началом месяца и окончанием с 13,3% до 20,7%. Излишнее затоваривание для склада является негативным фактором – это «замораживание» финансов, неэффективное использование главного ресурса склада – занятая площадь складирования из-за неподвижности товаров, дополнительные расходы при переработке грузов с целью учёта. Ситуация повторяется и с помидорами – с 13,3% затоваривание возрастает до 24 %.

Может возникать и третий тип ситуаций, например 9 позиция ассортимента – мандарины – допустимое затоваривание 9,3% в конце месяца переходит в дефицит 14%, что говорит о грамотной рекламе продукции или сезонных всплесках спроса, или проведена реклама только на продажу без учёта перспективного спроса. Такая нестабильность процессов достаточно остро влияет на ритм работы склада, устойчивость работы с потребителями и качество логистических услуг.

В целом работу по управлению запасами на складе можно оценить при помощи коэффициента корреляции между функциями прибытия товара и убытия. В таблице выполнен расчёт коэффициента по Пирсону, значение которого составляет +0,76, это достаточно высокий коэффициент взаимовлияния между поставками товаров и убытием, а также достоверности этих процессов (Heizer et al., 2020; Zijm et al., 2019). Положительное значение коэффициента корреляции от 0 до +1 говорит об одинаковой направленности обоих процессов или в сторону возрастания, или в сторону убывания двух функций. Если коэффициент корреляции имеет отрицательный знак при значениях от 0 до -1, то функции имеют противоположную направленность взаимовлияния.

В следующих двух ячейках по строке показан резерв по запасу в тоннах и процентах, т.е. использования планового ресурса складирования товаров на складе. В следующей колонке показывается общее количество рабочих дней склада за учётный период (календарный месяц с учётом продолжительности рабочей недели, выходных и праздничных дней) и частота событий по прибытию и убытию товаров на склад по каждой ассортиментной группе. При грузопереработке каждой ассортиментной группы приходится учитывать подготовленность инфраструктуры склада для работы с учётом характеристик ассортимента – упаковка, грузовая единица, супертара, контейнеры, палеты и т. д. В последней колонке рассчитывается среднее значение грузопереработки за каждый рабочий день.

В нижних четырёх строках таблицы отражаются такие показатели, как количество прибывающих транспортных средств с товаром и количество убывающих транспортных средств; средние значения доставленного объёма товара на каждое единичное поступление или убытие. Эти статистические данные помогут проанализировать использование подъёмно-транспортных устройств, их соответствие нагрузочному режиму, эффективности применения; позволит проконтролировать использование доков и

докшелтеров, рационального использования площадок для разгрузки и погрузки, приёмки товаров, комплектации и отправки.

В правой нижней части таблицы определены основные коэффициенты, характеризующие работу склада по абсолютному показателю ковариации и относительному показателю корреляции, а также показана вариативность процессов прибытия и убытия. Значения этих коэффициентов дают представление о стабильности процессов, позволяют составить более объективные планы на последующий период, дать прогноз по расчётным показателям и подготовиться к возможным изменениям логистического процесса, связанным с плановыми мероприятиями улучшения процесса или с форс-мажорными обстоятельствами (Dolgui et al., 2020; Ivanov, 2019; Winkelhaus & Grosse, 2020).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный методический подход прошёл апробацию на данных торгово-логистического предприятия за январь 2026 г. Ключевое преимущество модели — реализация в среде MS Excel без специализированного ПО, что делает инструмент доступным для предприятий любого масштаба (Microsoft Excel Documentation, 2025). Полученные коэффициенты корреляции и ковариации дают количественную основу для принятия управленческих решений по корректировке планов поставок (Christopher, 2022; Ivanov, 2019).

Апробация модели показала, что условная модельная выборка и фактические складские данные выполняют разные исследовательские функции. Модельная выборка подтверждает применимость расчётного алгоритма и демонстрирует слабую прямую связь между переменными, тогда как фактические данные за январь 2026 г. фиксируют сильную прямую корреляцию потоков поступления и убытия ($\rho = 0,76$) в конкретных условиях исследуемого склада. В связи с этим итоговый вывод формулируется следующим образом: предложенный подход позволяет выявлять степень согласованности складских потоков и использовать её как диагностический показатель управления запасами, однако окончательная оценка устойчивости процессов должна основываться не на одном месяце наблюдений, а на расширенном временном ряду с учётом сезонности, спроса и особенностей ассортимента групп.

Практическая значимость исследования состоит в следующем: переход к системному мониторингу взаимовлияния потоков позволяет снизить уровень страховых запасов по стабильным позициям, своевременно диагностировать нарастающий дефицит или затоваривание, повысить готовность к поставке и сократить операционные издержки (Bowersox et al., 2019; Richards, 2025). В рассматриваемой модели граница $\pm 10\%$ используется как рабочий управленческий порог допустимого отклонения от планового запаса. Для других складских систем данный порог должен уточняться с учётом оборачиваемости, срока хранения, сезонности спроса и уровня сервиса.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка адаптивных алгоритмов автоматической корректировки планов поставок на основе динамически рассчитываемых коэффициентов корреляции, а также интеграция предложенного инструментария в единую цифровую платформу управления цепью поставок (Ivanov et al., 2019; Winkelhaus & Grosse, 2020).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: Мы, авторы научной статьи, заявляем об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Выполнение исследования осуществлялось из собственных средств.

ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ОДОБРЕНИИ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫМ ЭТИЧЕСКИМ КОМИТЕТОМ (IRB): Получение этического одобрения не требовалось, т.к. работа носила

исключительно технический характер и не включала участие людей, а данный раздел отмечен как «Не применимо».

ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ИНФОРМИРОВАННОМ СОГЛАСИИ: Устное информированное согласие было получено от всех участников до начала их участия в исследовании.

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ: Работа основана на численном моделировании и теоретическом анализе, новые экспериментальные данные не создавались.

БЛАГОДАРНОСТИ: Авторы данной статьи выражают благодарность коллегам за методологическую поддержку и полезные обсуждения, а также анонимным рецензентам за ценные замечания, способствовавшие улучшению качества статьи.

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: При проведении исследования, формировании исходных данных, выполнении расчётов, анализе результатов и подготовке научных выводов технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались. Инструмент искусственного интеллекта Microsoft Copilot применялся авторами только на заключительном этапе подготовки рукописи для вспомогательной языковой и структурной редакторской проверки текста, включая уточнение академического стиля, логики изложения и соответствия структуры требованиям IMRAD. Все содержательные положения, расчёты, интерпретации результатов и окончательные выводы были проверены и утверждены авторами, которые несут полную ответственность за содержание рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2019). *Supply chain logistics management* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2019). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (7th ed.). Pearson.
- Christopher, M. (2022). *Logistics and supply chain management* (6th ed.). Pearson.
- Dolgui, A., Ivanov, D., & Sokolov, B. (2020). Reconfigurable supply chain: The X-network. *International Journal of Production Research*, 58(13), 4138–4163. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1774679>
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (13th ed.). Pearson.
- Ivanov, D. (2019). *Global supply chain and operations management: A decision-oriented introduction to the creation of value*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-94313-8>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
- Microsoft Excel Documentation. (2025). *Microsoft Excel help and learning*. Microsoft Support. <https://support.microsoft.com/excel>
- Richards, G. (2025). *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (5th ed.). Kogan Page.
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: A systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>
- Zijm, W. H. M., Klumpp, M., Clausen, U., & Ten Hompel, M. (Eds.). (2019). *Intralogistics and supply chain management*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92447-2>
- Лукинский, В. С., Лукинский, В. В., & Плетнева, Н. Г. (2022). *Логистика и управление цепями поставок*. Юрайт. // Lukinskiy, V. S., Lukinskiy, V. V., & Pletneva, N. G. (2022). *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* [Logistics and supply chain management]. Yurait. (In Russ.)

- Сергеев, В. И. (2023). *Логистика и управление цепями поставок*. Юрайт. // Sergeev, V. I. (2023). *Logistika i upravlenie tsepyami postavok* [Logistics and supply chain management]. Yurait. (In Russ.)
- Шкала Чеддока. (б.д.). *Интерпретация коэффициента корреляции*. <https://scinetwork.ru/articles/18392> // Shkala Cheddoka. (n.d.). *Interpretatsiya koeffitsienta korrelyatsii* [Interpretation of the correlation coefficient]. <https://scinetwork.ru/articles/18392> (In Russ.)
- Microsoft Copilot. (2026, July 7). Вспомогательная языковая и структурная редакторская проверка научной рукописи без участия в проведении исследования, расчётах и формировании научных выводов [Большая языковая модель]. Microsoft Copilot. <https://copilot.microsoft.com> // Microsoft Copilot. (2026, July 7). *Vspomogatel'naya yazykovaya i strukturnaya redaktorskaya proverka nauchnoy rukopisi bez uchastiya v provedenii issledovaniya, raschetakh i formirovaniy nauchnykh vyvodoov* [Assistance with linguistic and structural editing of the scientific manuscript without involvement in conducting the research, calculations, or formulation of scientific conclusions] [Large language model]. Microsoft Copilot. <https://copilot.microsoft.com> (In Russ.)

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Кабикенов Сапар Жомартович – техника ғылымдарының кандидаты, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ профессоры, Қарағанды қ., Қазақстан
Кабикенов Сапар Жомартович – кандидат технических наук, профессор, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», г. Караганда, Казахстан
Kabikenov Sapar Zhomartovich – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", Karaganda, Kazakhstan
e-mail: s.kabikenov@ktu.edu.kz
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7412-6026>



Шалаев Владимир Васильевич – аға оқытушысы, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қарағанды қ., Қазақстан
Шалаев Владимир Васильевич – старший преподаватель НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», г. Караганда, Казахстан
Shalaev Vladimir Vasilievich – senior Lecturer, Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", Karaganda, Kazakhstan
e-mail: shalaev_v@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3387-7952>



Киселёва Галина Владимировна – техника ғылымдарының магистрі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ аға оқытушысы, Қарағанды қ., Қазақстан

Киселёва Галина Владимировна – магистр технических наук, старший преподаватель, НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», г. Караганда, Казахстан

Kisselyova Galina Vladimirovna – master of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", Karaganda, Kazakhstan

e-mail: galkisseleva@yandex.kz

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0795-4720>



Кутъенко Сергей Юрьевич – экономика ғылымдарының магистрі, «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ аға оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан

Кутъенко Сергей Юрьевич – магистр экономических наук, старший преподаватель НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», г. Караганда, Казахстан

Kutyenko Sergey Yurievich– Master of Economic Sciences, Senior Lecturer at the Non-profit Joint Stock Company "Abylkas Saginov Karaganda Technical University", Karaganda, Kazakhstan

e-mail: 83007450039@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-5607>