



Анализ параметров товаропотока при логистическом проектировании склада

ПРЕЖДЕ ЧЕМ ПРИСТУПИТЬ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СКЛАДА, НЕОБХОДИМО ЕЩЕ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ «НАУЧИТЬ» ЕГО РАБОТАТЬ В СООТВЕТСТВИИ С НУЖДАМИ КОМПАНИИ И С УЧЕТОМ ЕЕ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ. ДЛЯ ЭТОГО НУЖНО ОПРЕДЕЛИТЬ ОПТИМАЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИОННЫЕ ЗОНЫ СКЛАДА, ИХ ПЛОЩАДИ, ПЕРЕЧЕНЬ И КОЛИЧЕСТВО ОБОРУДОВАНИЯ, ЧИСЛЕННОСТЬ И КВАЛИФИКАЦИЮ ПЕРСОНАЛА, А ТАКЖЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ТОВАРОПОТОКА. ОПИШЕМ, КАК ЭТО ДЕЛАЕТСЯ

Корректное проведение логистического проектирования склада основано на использовании численных значений таких параметров товаропотока, как суммарный объем и объем по отдельным группам и товарам, характер и величина случайных и сезонных отклонений объемов, номенклатура товаров, характеристики товарных единиц, специфические условия хранения и т. д. Получить все эти данные можно в результате обработки накопленной информации по приходу товаров, количеству и типу приходящего и отгружаемого транспорта, объемам и номенклатуре поставок и отгрузок, условиям хранения товарных групп, частоте спроса отдельных товаров, производительности персонала при выполнении различных операций, а также по ряду других параметров.

При этом следует иметь в виду, что такая информация не всегда представлена в полном объеме. Например, при создании склада «с нуля» вышеперечисленные данные можно получить только из экспертных оценок и статистики работы других логистических



**Владимир
Ружицкий**

Доцент кафедры системного анализа и управления Московского авиационного института, к. т. н., эксперт по складской логистике

операторов, то есть точность исходной информации будет невысока. Однако методика анализа параметров товаропотока остается практически неизменной при любом способе получения исходных данных, различия будут заключаться только в интерпретации результатов и оценке их точности.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТОВАРОПОТОКА

Изменения параметров товаропотока складываются из трех составляющих:

- 1) изменения средних значений (тренды);
- 2) сезонные изменения параметров;
- 3) случайные отклонения параметров.

Изменения средних значений связаны с динамикой развития бизнеса и рыночной ситуации – значения могут быть как положительными, так и отрицательными. В успешно развивающихся компаниях потребность в новых складах как раз и возникает в связи с необходимостью обработки возрастающих товарных потоков.

Сезонные изменения параметров товаропотока связаны с какими-либо периодическими изменениями во внешней среде, которые вызывают соответствующие изменения в товаропотоке. То есть речь идет не только о явлениях, связанных с временами года, но и о любых временных (недельных, месячных) изменениях товаропотока, которые носят периодический характер. Кроме того, к ним относятся и разовые регулярные пики, объясняемые, например, новогодним ростом продаж и т. п.

Случайные отклонения параметров не имеют никаких закономерностей и связаны с различными непредвиденными факторами. При этом считается, что математическое ожидание случайных составляющих равно нулю.

При анализе основных параметров товаропотока (в первую очередь суммарных объемов поставок, отгрузок и хранения, а также соответствующих объемов товарных групп) нужно выделять указанные составляющие. Обычно для оценки трендов используют среднее значение параметра (математическое ожидание) или медиану.

Среднее значение определяется по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i, \quad (1)$$

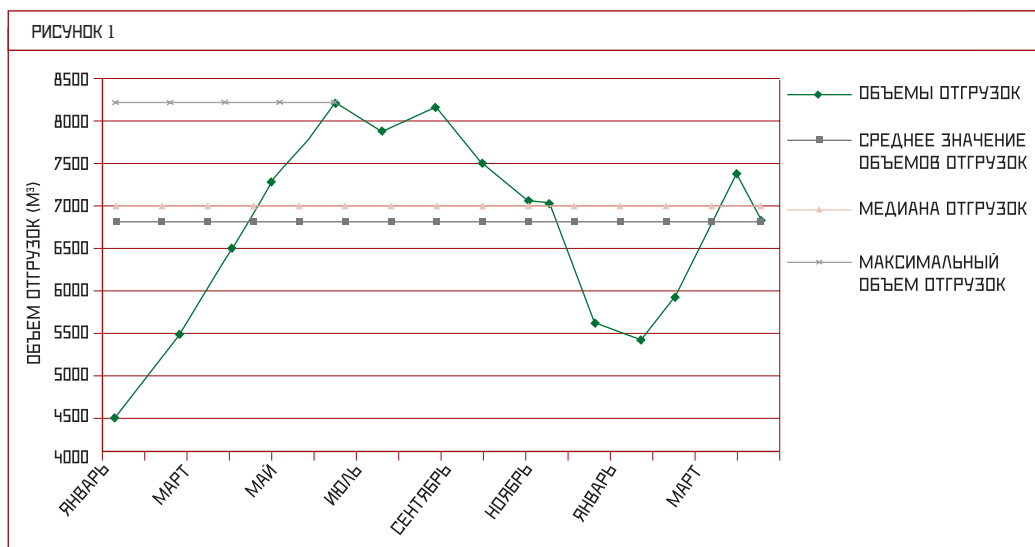
где \bar{X} – среднее значение параметра;
 N – число наблюдений параметра;
 X_i – зафиксированное значение параметра при i -м наблюдении.

Медианой называется средняя величина в упорядоченном по величине множестве значений параметра. При этом одна половина наблюдений параметра имеет значение меньшее, чем медиана, а другая половина – большее.

ТИПОВЫЕ СПОСОБЫ АНАЛИЗА

Различие между средним значением и медианой заключается в том, что в среднем значении учитывается частота появления того или иного значения параметра, то есть среднее значение соответствует «центру тяжести» множества значений параметра.

ОБЪЕМЫ ОТГРУЗОК СО СКЛАДА ПО МЕСЯЦАМ



Каждая из этих характеристик имеет свою область применения. Например, при оценке объемов товаропотока за какой-либо интервал времени используется среднее значение объема отгрузки, умноженное на число отгрузок за этот интервал времени.

В то же время при выборе оборудования для доставки товара на отгрузку нужно ориентироваться на медиану размера отгрузки. На рис. 1 приведен график объемов отгрузок продукции со склада по месяцам, а также среднее значение и медиана объема отгрузок.

По приведенным на рисунке данным среднее значение объемов отгрузок равно 6800 м^3 , значение медианы – 7016 м^3 , максимальный объем отгрузок равен 8220 м^3 . По графику можно выделить две области превышения объемов месячных отгрузок средних значений – с апреля по октябрь текущего года и с марта по апрель следующего года.

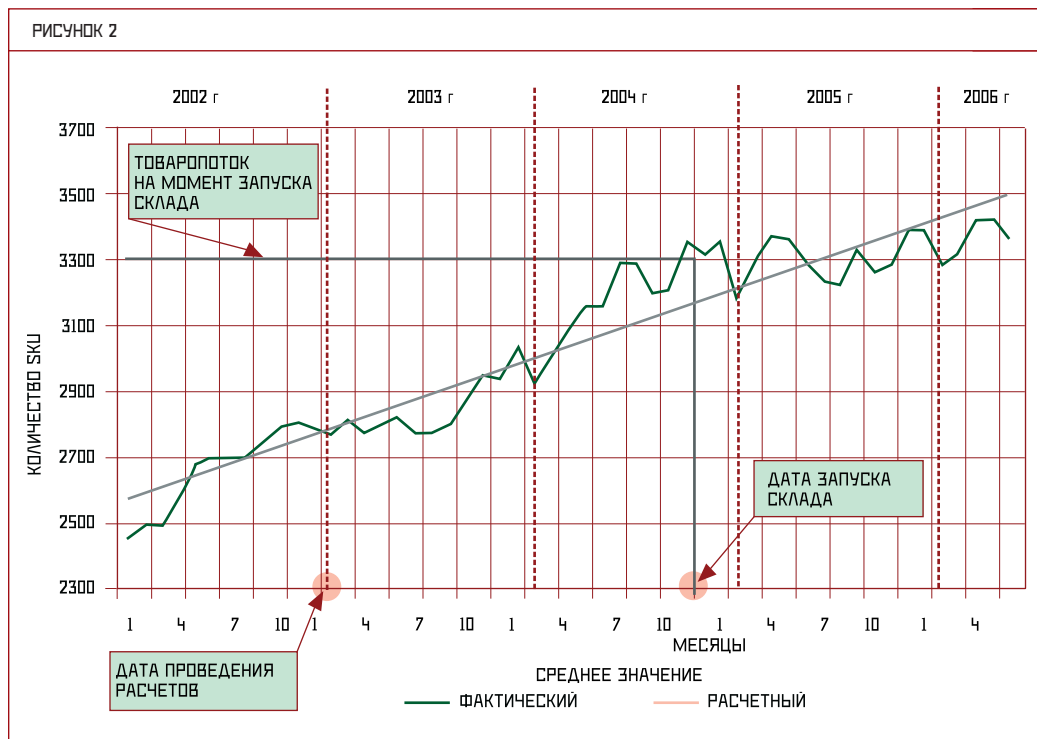
Эти данные чрезвычайно важны для определения размеров склада. Действительно, если при выборе размеров склада опираться на средние значения, то в указанные интервалы склад будет существенно перегружен (перегрузка будет приближаться к 20% в июне–августе). Если проектировать склад под максимальные значения отгрузок (8220 м^3), то ресурсы склада практически постоянно будут превышать необходимые значения,

ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИМЕНЯЕТСЯ КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ТОВАРОПОТОКА

а в отдельные месяцы загрузка мощностей склада (февраль– март) будет менее 70%, что существенно повысит себестоимость логистических услуг.

Таким образом, уже первые результаты анализа товаропотока могут определять важнейшие характеристики проектируемого объекта. При выборе размера склада в рассмотрен-

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛА АРТИКУЛОВ (SKU)



ных условиях следует опираться на дополнительную информацию, в первую очередь на приоритеты компании при определении методов повышения конкурентоспособности (за счет снижения себестоимости или повышения оперативности и надежности логистических услуг), а также на расчеты экономической эффективности деятельности фирмы и ее складского комплекса.

ТРЕНД ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРА

Однако в большинстве случаев пользоваться формулой (1) для определения средних значений параметров нельзя, поскольку в оцениваемых параметрах имеется существенный тренд изменения средней величины (то есть она периодически меняется). На рис. 2 приведен график измене-

ния числа артикулов (SKU) на складе с явно выраженной тенденцией роста.

В таких случаях необходимо определить тренд изменения параметра. Решение этой задачи осуществляется подбором параметров аппроксимирующей функции, обычно по методу наименьших квадратов. В приведенном примере в качестве аппроксимирующей функции выбрана прямая (отклонение значений параметра от прямой составляет менее 10%). Определение ее параметров (наклон и смещение) осуществлялось по следующей схеме.

1. Формировался критерий вида:

$$W = \sum_{i=1}^N (X_i - a \cdot t_i - b)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где N , X_i — определены ранее;

$a \cdot t_i + b$ – уравнение прямой с искомыми параметрами a и b ;

t_i – значение времени (т. е. аргумента) i -го наблюдения параметра.

2. Из условия экстремума критерия (2) составляются уравнения:

$$\frac{\partial W}{\partial a} = 2 \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - a \cdot t_i - b) \cdot (-t_i) = 0; \quad (3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial b} = 2 \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - a \cdot t_i - b) = 0. \quad (4)$$

3. Система двух линейных уравнений (3) и (4) решается относительно a и b .

Указанный подход для некоторых типовых функций используется, в частности, в Excel. Если типовые функции плохо аппроксимируют существующую статистику, то необходимо осуществлять подбор аппроксимирующих функций и их параметров по методу наименьших квадратов.

Во многих случаях изменения параметра имеют значительные сезонные

отклонения. Если отклонения значений параметра от среднего значения превышают 10%, то для аппроксимации изменений параметра применяются мультипликативные модели вида:

$$X_i = \beta_0 \cdot \beta_1^{Y_i} \cdot \beta_2^{M_i} \cdot \dots \cdot \beta_K^{M_{K-1}} \cdot \beta_i, \quad (5)$$

где Y_i – закодированный номер интервала времени;

K – число интервалов времени для описания одного периода сезонных изменений (например, если рассматриваются годовые сезонные изменения по месяцам, то $K = 12$);

β_0 – сдвиг переменной;

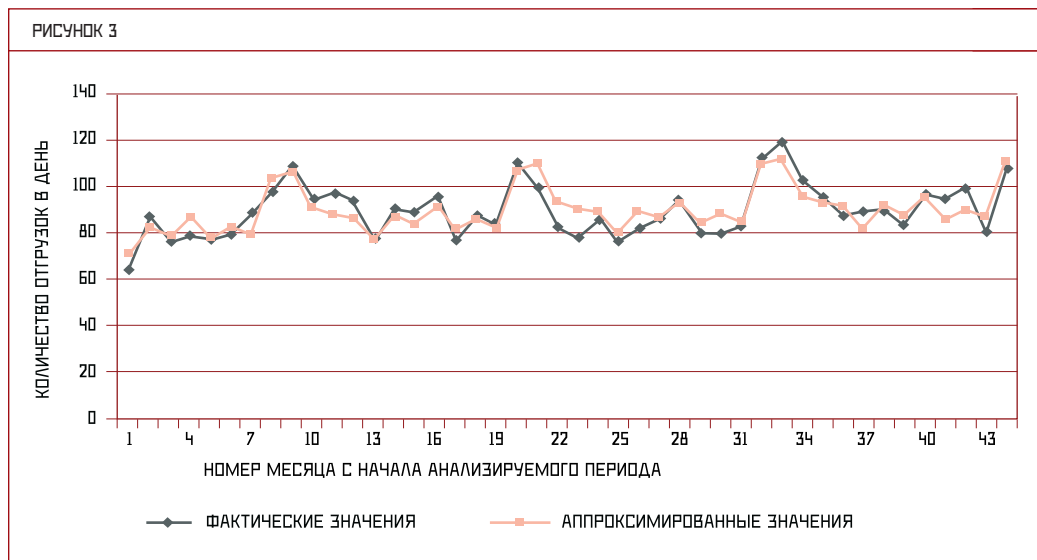
β_1 – темп роста за один интервал времени;

$\beta_i, i = 2 \dots K$ – множитель i -го интервала времени по отношению к 1-у интервалу;

$M_i = 1$ для i -го интервала времени и $= 0$ для остальных интервалов;

ε_i – величина случайного компонента в i -м временном интервале.

ГРАФИК КОЛИЧЕСТВА ОТГРУЗОК В ДЕНЬ



На рис. 3 на стр. 24 приведен график исходных значений годовых изменений количества отгрузок со склада в день и его аппроксимация, полученная с помощью модели (5).

Аппроксимацию временных рядов мультипликативной моделью можно проводить с помощью стандартных инструментов, например с помощью Excel. Однако необходимо учитывать, что при определении параметров модели в Excel используется показательное приближение для тренда, которое не всегда дает хорошие результаты.

ВЛИЯНИЕ СЛУЧАЙНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

При анализе случайной составляющей обычно необходимо оценивать только отклонения конкретной реализации значений параметра от аппроксимированного значения. При этом случайную составляющую чаще всего описывают двумя характеристиками: коэффициентом неравномерности (он определяется как отноше-

ние на заданном интервале времени максимального значения параметра к среднему значению) и частотой превышения этим коэффициентом некоторого заданного порога. Эти данные позволяют оценить ряд показателей. Например: насколько объем

ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ТОВАРОПОТОКА ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ С УЧЕТОМ СВОЙСТВ ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП ТОВАРОВ

приходящего товара в день может отклоняться от среднего значения в данном месяце; как часто объем приходов превосходит среднее значение в 1,5 раза и более (очевидно, что приведенные данные нужны для расчета площади, оборудования и персонала зоны приемки товаров).

Указанные характеристики могут существенно влиять на процесс проектирования склада и на эффективность его последующей работы, поскольку они фактически создают ситуацию, аналогичную рассмотрен-

ной на примере рис. 1 (то есть необходимо оптимальным образом выбрать соответствующие характеристики склада, не допуская ни его существенной перегрузки, ни простоя персонала и оборудования). Однако поскольку случайная составляющая товаропотока обычно меняется на малых интервалах времени, учесть ее влияние при проектировании склада часто удается путем оптимального распределения складских ресурсов, например путем неравномерного распределения численности персонала по времени работы и т. п.

ПРИМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

После проведения такого анализа для каждого параметра товаропотока получается расчетная модель, которая может применяться для прогнозирования параметров на некоторый интервал времени в будущем. Необходимость прогнозирования обусловлена тем, что от времени логистического проектирования склада только до момента его ввода в строй обычно проходит не менее полутора лет, при этом склады редко проектируются на период менее пяти лет. Однако, исходя из общих правил прогнозирования, длительность интервала проспекции (будущего периода) не должна превышать 30–35% от длительности интервала ретроспекции (периода, для которого имеется статистическая информация). Если это условие выполняется, то построение прогноза осуществляется простой подстановкой требуемых значений времени в расчетные модели изменения параметров товаропотока.

Но на практике часто бывает так, что статистические данные, накоп-

ленные за два-три года, необходимо использовать для логистического проектирования склада, который должен обеспечивать работу компании на пять и более лет. В этих условиях «механическое» применение статистических методов прогнозирования является недопустимым, поскольку в них предполагается неизменность внешних условий функционирования компании (в том числе и характера изменения условий). Как быть в такой ситуации? В этом случае подход к прогнозированию параметров товаропотока и логистическому проектированию должен опираться на следующие положения:

- 1) прогноз параметров товаропотока строится на базе статистических методов;
- 2) полученные результаты корректируются на основании долгосрочных планов компании и экспертных оценок ее специалистов, в первую очередь по объемам продаж (производства);

ТОВАРНЫЕ ГРУППЫ ВНУТРИ СКЛАДА НУЖНО ПЕРЕМЕЩАТЬ ПО МЕРЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ОБРАЩЕНИЯ К НИМ

- 3) при логистическом проектировании используются решения, допускающие гибкую перестройку при существенном изменении внешних условий;
- 4) полученные решения с помощью соответствующих моделей проверяются на устойчивость по отношению к изменению внешних условий (или определяются затраты на проведение мероприятий по адаптации работы склада к изменению внешних условий, например на

установку дополнительного оборудования или на ввод в строй новых очередей склада);

- 5) при проведении строительного проектирования и строительства склада проводится мониторинг внешних условий, и в случае необходимости производятся корректировка принятых логистических решений;
- 6) проводится анализ дополнительных возможностей повышения эффективности работы склада (например, сдача в аренду незадействованных площадей и т. п.).

ХАРАКТЕРИСТИКИ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ

Наряду с анализом изменения параметров товаропотока во времени при логистическом проектировании склада большое значение имеет учет особенностей хранения, движения и обработки отдельных групп товаров, а часто и отдельных артикулов. Эти данные необходимы в первую очередь для выделения отдельных зон под товары, отличающиеся от остальных по условиям хранения и технологиям обработки.

Основную роль при таком анализе играют: оценка частоты обращения к отдельным группам товаров

ТАБЛИЦА 1. ЧАСТОТА ОБРАЩЕНИЙ ПО ТОВАРНЫМ ГРУППАМ В ДЕНЬ

Товарная группа	Количество обращений	Доля, %	Вклад с нарастающим итогом	Группа и ее вклад в результат, %
Скобяные изделия	14 943	29,09	29,09	группа А 80
Посуда пластиковая	8319	16,19	45,29	
Посуда металлическая	7541	14,68	59,97	
Пластмассовые изделия	5674	11,05	71,01	
Обои отечественные	4836	9,42	80,43	группа В 15
Посуда фаянсовая	2638	5,14	85,56	
Инструменты	1598	3,11	88,68	
Хозяйственные товары	1499	2,92	91,60	
Обои импортные	832	1,62	93,22	группа С 5
Столовые приборы	803	1,56	94,78	
Скотч, пленка	677	1,32	96,10	
Бумажные изделия	609	1,19	97,29	
Товары для сада	490	0,95	98,24	
Керамические изделия	430	0,84	99,08	
Подарочные наборы	220	0,43	99,51	
Наборы для ванной	156	0,30	99,81	
Обои самоклеящиеся	98	0,19	100,00	

ТАБЛИЦА 2. КРОСС-МАТРИЦА ПО ЧАСТОТЕ ОБРАЩЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВУ ЕДИНИЦ ОТГРУЗКИ

		Количество обращений		
		А	В	
Единица отгрузки	А	Скобяные изделия Посуда пластиковая Пластмассовые изделия	Обои отечественные	Бумажные изделия Скотч, пленка
	В		Посуда фаянсовая Инструменты Хозяйственные товары Обои импортные	
		Посуда металлическая	Столовые приборы	Товары для сада Керамические изделия Подарочные наборы Наборы для ванной Обои самоклеящиеся

или артикулам и количество единиц отгруженного товара в день (или за другой заданный интервал времени). От указанных параметров зависит трудоемкость и требуемые ресурсы для обработки товаропотока: частота обращения к товару определяет количество подходов к месту хранения, а количество единиц отбора – оборудование и трудозатраты для перемещения товара от места хранения. Исходя из этих параметров решаются также вопросы о том, нужно ли выделять отдельные зоны отбора, каким должен быть порядок подпитки в этих зонах, маршруты движения отборщиков и т. д.

Для оценки различий обработки отдельных товаров применяется АВС-анализ, с помощью которого производится разделение товаров на отдельные группы в зависимости от их свойств и частоты обращения к ним.

Аналогично делается разбиение товаров на АВС-группы по количеству единиц отбора. Полученные дан-

ные сводятся в единую кросс-матрицу для дальнейшего использования при логистическом проектировании. В таблице 1 на стр. 26 представлен пример результатов АВС-анализа по частоте обращения, в таблице 2 – пример полученной по результатам анализа кросс-матрицы по частоте обращений и количеству единиц отбора.

ЗОНИРОВАТЬ СКЛАД И ОПРЕДЕЛЯТЬ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ТОВАРОПОТОКА НУЖНО С УЧЕТОМ СВОЙСТВ ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП ТОВАРОВ, ВЫЯВЛЯЕМЫХ НА ОСНОВЕ АВС-АНАЛИЗА

Анализ приведенной в примере кросс-матрицы позволяет сделать первые выводы по зонированию склада. Так, группа «Посуда металлическая» явно требует штучной зоны отбора (частые обращения при малом количестве единиц отбора – группа А–С). Группы «Бумажные изделия» и «Скотч, пленка» выбираются большими партиями. Товары групп «Скобя-

ные изделия», «Посуда пластиковая» и «Пластмассовые изделия» должны размещаться наиболее экономичным

С ПОМОЩЬЮ ABC-АНАЛИЗА ТОВАРЫ РАЗБИВАЮТ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ГРУППЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ СВОЙСТВ И ЧАСТОТЫ ОБРАЩЕНИЯ К НИМ

с точки зрения трудозатрат образом, конкретные технологии отбора для этих товаров должны определяться с учетом размеров товаров и упаковок.

ИЗМЕНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ОБРАЩЕНИЯ

Важно оценивать и такой показатель, как частота попадания товарной кате-

гории в ABC-группы за анализируемый интервал времени. Эти данные позволяют определить, насколько необходимо перемещать товарные группы внутри склада по мере того, как меняется частота обращения к ним. В таблице 3 приведен пример результатов анализа данной величины.

Из проведенного анализа видно, что товарные категории «Наборы для ванной», «Подарочные наборы», «Столовые приборы», «Скотч, пленка», «Товары для сада» и «Обои самоклеящиеся» на протяжении всех 16 месяцев устойчиво находились в группе С. В то время как категории «Инструменты», «Керамические изделия» и «Хозяйственные товары» были как в группе В, так и в группе С.

ТАБЛИЦА 3. ЧАСТОТА ПОПАДАНИЯ ТОВАРНЫХ КАТЕГОРИЙ В ABC-ГРУППЫ ЗА 16 МЕСЯЦЕВ

Группа	А	В	С
Наборы для ванной		–	
Пластмассовые изделия		16	
Подарочные наборы		–	
Посуда металлическая		–	
Посуда фаянсовая		16	
Инструменты		7	
Столовые приборы		–	
Скобяные изделия		–	
Скотч, пленка		–	
Товары для сада		–	
Бумажные изделия		1	
Обои отечественные		6	
Посуда пластиковая		–	
Обои импортные		16	
Керамические изделия		4	
Хозяйственные товары		12	
Обои самоклеящиеся		–	



ВЫВОДЫ

Кратко повторим основные пункты при логистическом проектировании склада.

1. Комплексный анализ параметров товаропотока является необходимым этапом, обеспечивающим подготовку данных для принятия оптимальных решений при логистическом проектировании.
2. В рамках анализа необходимо проводить исследования по двум основным направлениям: определение изменений параметров товаропотока во времени и разделение товаров на группы по общим характеристикам их хранения и обработки (ABC-анализ).
3. При анализе временных изменений параметров товаропотока необходимо определять три основные составляющие:
 - средние значения;
 - сезонные изменения;
 - случайные отклонения.

Для каждой из составляющих необходимо применять свои методы расчетов.

4. Выбирая основные проектные характеристики склада (размеры, пропускная способность), необходимо учи-

тывать не только средние значения параметров товаропотока, но и их отклонения, которые могут приводить к возникновению периодов перегрузки и простоя склада.

5. С учетом высокой динамичности рынка логистических услуг и длительности интервалов прогнозирования применение статистических прогнозов необходимо корректировать с учетом планов развития и экспертных оценок ведущих специалистов компании.
6. Решения логистического проектирования должны обеспечивать гибкую реакцию на изменение внешних условий; их применимость должна проверяться на устойчивость к изменению этих условий. Также необходимо корректировать прогнозы и, если необходимо, логистические решения на этапе строительства склада.
7. Зоны, оборудование, персонал и технологии хранения и обработки товаропотока необходимо определять с учетом свойств отдельных товаров (групп товаров), выявляемых на основе ABC-анализа.

Факт миграции товарной категории из одной группы в другую указывает на то, что к данной категории нужно применять различные технологии обработки в зависимости от ее удаленности со склада. На практике эту задачу обычно решают просто путем внутренних перемещений товара с мест хранения категории С на места категорий А и В и наоборот. Оценив объем таких групповых перемещений,

можно выбрать рациональную систему зонирования склада с учетом того, как часто и какие категории вы будете перемещать.

Таким образом, технологические зоны, оборудование, персонал и технологии хранения и обработки товаропотока необходимо определять с учетом свойств отдельных товаров (групп товаров), выявляемых на основе ABC-анализа.

