

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРАХОВЫХ ЗАПАСОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2015 С.В. Носков\*

**Ключевые слова:** страховые запасы, строительные материалы, экономико-математические методы, ABC-анализ, прогнозирование, нормирование, законы распределения.

Предложен метод ABC-анализа строительных материалов по их доле в материальных затратах строительных организаций. Разработана экономико-математическая модель прогнозирования запасов прочих строительных материалов и его доверительного интервала как страхового запаса. Рассмотрен математико-статистический метод, проведен расчет страхового запаса основных строительных материалов с учетом закона распределения объемов их поставок.

В логистике и управлении цепями поставок строительных организаций актуальным стратегическим решением является управление материальными запасами. В общей структуре логистических затрат в жилищном строительстве издержки содержания запасов материальных ресурсов включают затраты по их хранению, потери от иммобилизации оборотных средств в запасах, затраты основного капитала складского назначения и часть управленческих расходов служб логистики. По оценке автора, доля издержек содержания запасов в логистических затратах строительных организаций Самарской области составляет более 50%.

Цель настоящего исследования - разработка методов управления страховой частью запасов материальных ресурсов организаций жилищного строительства. Основными управленческими решениями в планировании и прогнозировании запасов материальных ресурсов строительных организаций, реализующими поставленную цель, являются:

- ◆ проведение ABC-анализа структуры потребляемых материальных ресурсов;
- ◆ прогнозирование общей величины запасов материальных ресурсов группы С в ABC-анализе;
- ◆ планирование страховых запасов материальных ресурсов группы С в ABC-анализе;
- ◆ планирование страховых запасов материальных ресурсов строительной организации группы А в ABC-анализе на основе экономико-математического моделирования.

Управление запасами строительных материалов решает фундаментальную проблему поиска компромисса между затратами на содержание запасов и потерями (ущербом) строительного производства от их недостатка. Абсолютная величина материальных запасов в общем случае - это функция двух переменных: среднесуточной потребности строительного производства в данном виде материала и периода времени между его очередными поставками согласно контрактам с поставщиками. Однако два указанных фактора не являются детерминированными, также имеют значение стохастические переменные. К последним можно отнести волатильность среднесуточной потребности в строительных материалах из-за нарушений технологических процессов строительства и дисперсию поставок строительных материалов поставщиками из-за ненадлежащего исполнения контрактов по объемам поставок и срокам.

Планирование страховых запасов строительной организации и определение факторов, влияющих на их абсолютную и относительную величины, позволяют до некоторой степени с заданной вероятностью снизить неопределенность в принятии управленческих решений, сократить потери от дефицита строительных материалов и, таким образом, снизить совокупные логистические затраты и потери в строительном производстве.

Объектом исследования и разработки методов планирования и прогнозирования

\* Носков Сергей Викторович, доктор экономических наук, профессор Самарского государственного экономического университета. E-mail: noskov50@yandex.ru.

страховых запасов материальных ресурсов являлась ГК "Амонд", реализующая экспериментальный инвестиционный проект жилого района "Волгарь" (жилых домов 1-го микрорайона).

Последовательность принятия решений по управлению страховыми запасами строительной организации как важной частью общего запаса строительных материалов включает несколько ранее указанных процедур.

1. Проведение ABC-анализа структуры потребляемых материальных ресурсов. ABC-анализ основан на известном принципе Парето и предусматривает деление всей номенклатуры потребляемых строительной организацией материальных ресурсов на указанные группы по их доле в материальных затратах (без амортизационных отчислений). Так, к группе А были отнесены строительные материалы (кирпич, плиты перекрытия, бетон, раствор, прокат черных металлов, цемент в чистом виде и т.д.), включающие 1125 номенклатурных позиций (15% от их общего номенклатурного перечня) и имеющие долю 70% в материальных затратах строительной организации<sup>1</sup>.

В группу С были включены прочие строительные материалы и хозяйственный инвентарь, имеющие долю 65% от их общего номенклатурного перечня (4875 номенклатурных позиций), и 6% - в материальных затратах. К группе В в ABC-анализе относились все материальные ресурсы строительной организации, не вошедшие в группы А, С, включающие 1500 номенклатурных позиций (20%) и имеющие долю 24% в материальных затратах строительной организации. Графическая интерпретация проведенного ABC-анализа потребляемых строительной организацией материальных ресурсов показана на рисунке.

Управление запасами на основе ABC-анализа означает, что каждая группа материальных ресурсов требует применения разных методов планирования, учета и контроля:

♦ запасы материальных ресурсов группы А планируются на основе расчетно-аналитического метода по каждой номенклатурной позиции и проведения оптимизации их величины по критерию минимума совокупных затрат (суммы транспортно-заготовительных расходов и издержек содержания запасов). Учет и контроль этих запасов должен проводиться не реже одного раза в неделю. Страховые

запасы материальных ресурсов группы А нормируются математико-статистическим методом с учетом закона распределения отклонений от плановых интервалов или объемов поставок материальных ресурсов с заданной вероятностью (надежностью) поставок<sup>2</sup>;

♦ запасы материальных ресурсов группы С планируются на основе математико-статистических методов в целом по группе, исходя из их фактических остатков на начало каждого месяца. Учет и контроль за состоянием запасов этой группы материальных ресурсов проводятся не реже одного раза в месяц. Страховые запасы материальных ресурсов группы С нормируются на основе предлагаемого в работе метода их прогнозирования и оценки положительной величины доверительного интервала прогноза с заданной вероятностью;

♦ запасы материальных ресурсов группы В и их страховые части нормируются разными методами, включающими расчетно-аналитические, оптимизационные и математико-статистические, в зависимости от важности данного вида строительных материалов в плановом периоде по критериям доли в материальных затратах или дефицита.

2. Прогнозирование общей величины запасов материальных ресурсов группы С в ABC-анализе. Прогнозирование общего запаса данной группы строительных материалов проводилось математико-статистическим методом, исходя из их уровня на начало каждого месяца 2014 г. Исходные данные для проведения прогноза общей величины запаса строительных материалов представлены в табл. 1.

3. Планирование страховых запасов материальных ресурсов группы С в ABC-анализе. Экономико-математическая модель экстраполяции динамического ряда уровня запасов группы С для нормального закона распределения отклонений теоретических значений уровней запасов от фактических имеет следующий вид:

$$Y = 5,927 - 0,108 \cdot t,$$

где  $Y$  - уровень запаса материальных ресурсов, %;  $t$  - порядковый номер месяца 2014 г.

Предлагаемый подход к определению страхового запаса строительных материалов группы С на основе расчета положительного доверительного интервала прогнозного уровня их остатков объясняется закономерностями формирования общих запасов строительных материалов данной группы (их остатков на складе на определенную дату), которые

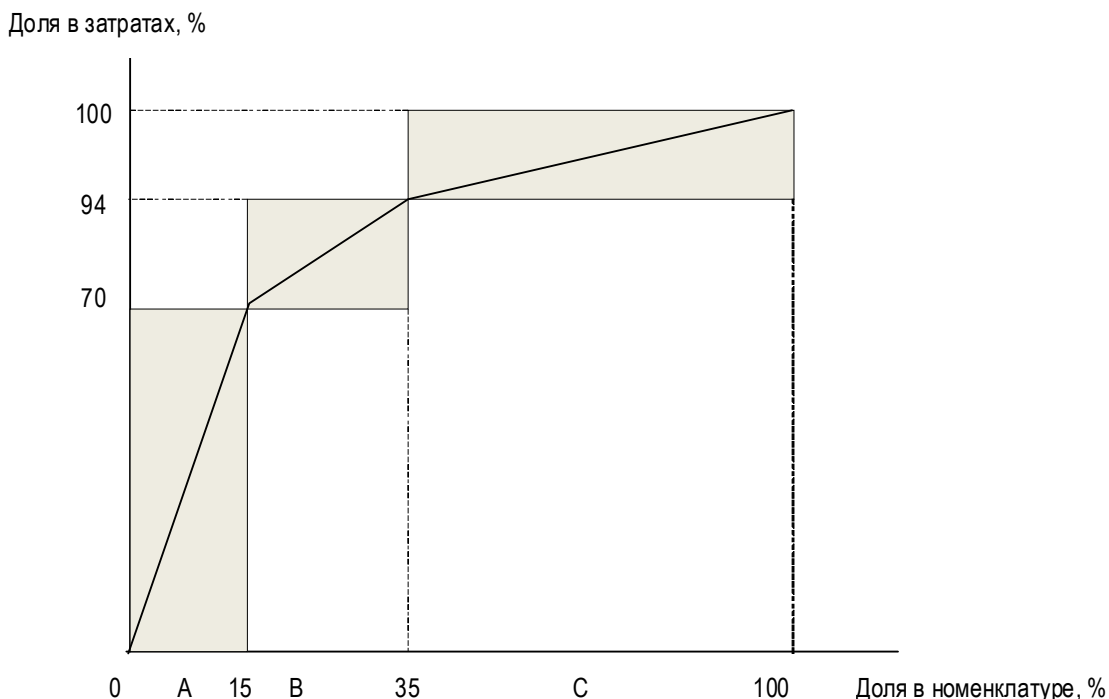


Рис. ABC-анализ материальных ресурсов строительной организации

Таблица 1

Исходные данные для прогнозирования запаса строительных материалов

Месяц 2014 г.	Материальные затраты, млн руб./мес.	Остатки на начало месяца, млн руб.	Уровень запасов, %	Уровень обеспеченности, %
I	15,4	0,9	5,8	72,0
II	15,3	0,9	5,7	74,0
III	14,8	0,9	5,8	73,3
IV	14,9	0,8	5,3	72,0
V	14,7	0,8	5,3	78,2
VI	14,6	0,8	5,4	78,0
VII	14,8	0,8	5,3	80,5
VIII	14,3	0,7	4,9	79,0
IX	13,9	0,7	5,0	78,3
X	13,8	0,7	4,8	75,9
XI	13,7	0,6	4,7	74,0
XII	13,6	0,6	4,7	73,4

учитывают как текущее потребление, так и, в той или иной степени, страховые случаи.

Постановка задачи разработки данного регрессионного уравнения и ее решение проводились в матричной форме с использованием компьютерной программы по данным табл. 1.

Расчет коэффициентов уравнения регрессии проводился по формуле

$$E = (t^T \cdot t)^{-1} \cdot t^T \cdot Y, \quad E = \begin{pmatrix} 5,927 \\ -0,108 \end{pmatrix},$$

где  $E$  - матрица коэффициентов линейной регрессии;  $t$  - матрица порядковых номеров месяцев 2014 г.;  $Y$  - матрица уровней запаса строительных материалов, %.

Определение коэффициента линейной корреляции ( $R$ ) проводилось по формуле

$$R = \frac{E^T \cdot t^T \cdot Y - 12 \cdot 5,225^2}{Y^T \cdot Y - 12 \cdot 5,225^2}, \quad R = 0,916.$$

Значение коэффициента линейной корреляции (0,916) свидетельствует о существенной тесноте связи факторного и результативного признаков.

Оценка дисперсии ошибки теоретических значений результативного признака ( $D$ ) проводилась по формуле

$$D = \frac{Y^T \cdot Y - E^T \cdot t^T \cdot Y}{10}, \quad D = 0,015.$$

Существенность уравнения регрессии ус-  
танавливалась на основе расчета  $F$ -критерия

$$F = \frac{E^T \cdot t^T \cdot Y - 12 \cdot 5,225^2}{D}, \quad F = 108,922.$$

Так как его значение выше табличного, то уравнение регрессии является существенным.

Расчет положительного доверительного интервала прогнозного значения уровня запаса строительных материалов, который определяет величину страховых запасов ( $Y_c$ ), проводился по формуле

$$Y_c = P(t) \cdot \sqrt{D \cdot \frac{n + b}{n}},$$

где  $P(t)$  - табличное значение критерия Стьюдента при  $n-2$  степенях свободы для заданной вероятности;  $n$  - число периодов времени в динамическом ряду;  $b$  - период упреждения прогноза.

Расчет страхового запаса строительных материалов, например на март месяц 2015 г. с вероятностью 0,95:

$$Y_c = 2,26 \cdot \sqrt{0,015 \cdot \frac{15}{12}} = 0,31 (\%),$$

а с вероятностью 0,99:

$$Y_c = 3,25 \cdot \sqrt{0,015 \cdot \frac{15}{12}} = 0,45 (\%).$$

Следовательно, уровень запаса строительных материалов на 1 марта 2015 г. составит 4,3% при подстановке в уравнение регрессии порядкового номера (15). При плановом значении материальных затрат в этом периоде, равным, например, 13,3 млн руб., абсолютная величина запаса строительных материалов группы С будет составлять 0,57 млн руб. ( $13,3 \cdot 4,3/100$ ). Величина страхового запаса строительных материалов с вероятностью 0,95 будет равна 0,04 млн руб. ( $13,3 \cdot 0,31/100$ ), а с вероятностью 0,99 составит 0,06 млн руб. ( $13,3 \cdot 0,45/100$ ).

Формирование страхового запаса строительных материалов позволит незначительно повысить уровень обеспеченности их плановой потребности со среднего уровня 75,7% до 75,9% при вероятности 0,95 и до 76% при вероятности 0,99. Основным фактором роста уровня обеспеченности плановой потребности в строительных материалах группы С является повышение точности планирования и прогнозирования их остатков.

4. Планирование страховых запасов материальных ресурсов строительной организации группы А в ABC-анализе. Планирование страховых запасов строительных материалов данной группы, являющихся наиболее важными по критерию удельного веса в материальных затратах строительной компании, осуществляется по каждой номенклатурной позиции. Затем нормы страховых запасов (в днях, физических единицах измерения) переводятся в стоимостные единицы измерения на основе объемов среднесуточного отпуска на строительные площадки в стоимостном измерении или заготовительных цен (отпускных цен поставщиков и транспортно-заготовительных расходов). Далее проводится агрегирование полученных нормативов запасов по отдельным подгруппам, группам и в целом по всей номенклатуре потребляемых строительных материалов группы А.

Современные методы планирования страховых запасов основаны на математико-статистических характеристиках показателей процесса поставок строительных материалов, которые являются случайными величинами, распределенными по определенному закону. Чаще всего в нормировании страховых запасов используется нормальный закон распределения интервалов поставок или объемов поставляемых строительных материалов как основных показателей логистики снабжения. Однако не всегда процесс поставок строительных материалов описывается нормальным законом распределения его показателей как случайных величин. Во многих случаях эмпирические данные свидетельствуют о том, что параметры поставок строительных материалов подчиняются, например, законам распределения Вейбула, Релея, показательному закону, логарифмическому закону и т.д.

Расчет страховых запасов строительных материалов группы А проведен по железобетонным изделиям, в частности, по номенклатуре плит перекрытия. Исходные данные для определения страхового запаса плит перекрытия за 4 месяца наблюдений представлены в табл. 2.

Предварительный анализ распределения числа поставок плит перекрытия ПК 63-15-8 по объемам поступающих партий позволяет сделать вывод о его несимметричности, следовательно, о наличии закона распределения, отличного от нормального. Анализ графика эмпирических частот поставок плит перекрытия данной номенкла-

Исходные данные для определения страхового запаса плит перекрытия

Марка плит перекрытия	Объем партий поставок, шт.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Число поставок							
ПК 63-15-8	84	117	92	42	15	4	2	1
ПК 20-15-8	36	81	60	28	11	5	3	0
ПК 25-15-8	46	61	34	21	10	4	1	1
ПК 37-15-8	52	73	40	21	15	7	2	2
ПК 58-15-8	63	84	54	27	11	4	0	1
ПК 32-15-8	0	36	18	9	3	2	1	1
ПК 23-15-8	15	24	7	2	2	1	0	0

турной позиции дает основание сделать предположение о наличии закона распределения Релея. Проверка этой гипотезы проведена в матричном виде в компьютерной программе по данным табл. 2 для плиты перекрытия ПК 63-15-8<sup>3</sup>.

Последовательность решения по проверке гипотезы при уровне значимости 0,05 такова:

1. Установлены порядковый номер первого элемента, интервал изменения, значения объемов партий поставок как случайной величины, их частоты в следующем виде:

$$ORIGIN := 1 \quad i := 1 \dots 8$$

$$X_1 := A_{i,1} \quad m_j := A_{i,2}$$

2. Рассчитаны теоретические частоты для параметра распределения, равного 2, и построены графики плотности распределения по эмпирическим ( $n$ ) и теоретическим ( $f(t)$ ) значениям, где  $t$  - значения объемов партий поставок плит перекрытия как случайной величины (см. рис. 2):

По виду графиков можно сделать вывод, что распределение объемов партий поставок подчиняется закону Релея.

3. Определено значение критерия Пирсона, и проведено его сравнение с табличным:

$$\sum_{i=1}^8 \frac{(m_i - n_i)^2}{n_i} = 5.333,$$

$$qchisq(1 - 0,05,5) = 11,07.$$

Гипотеза о законе распределения объемов партий поставок плит перекрытия подтверждается, так как эмпирическое значение критерия меньше его табличного значения.

4. Проведен расчет математического ожидания ( $M$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ) объемов поставок плит перекрытия:

$$M = 1,253 \cdot 2 = 2,5, \quad \sigma = 0,655 \cdot 2 = 1,31.$$

Следовательно, величина страхового запаса плит перекрытия составит 1,31 шт., а общая величина запаса - 3,81 шт., или приблизительно 4 шт.

5. Определена вероятность отсутствия де-  
 фектов  $P$  как отношения суммы частот от 1 до 4 шт. к их общей сумме:

$$P = \frac{335}{363} \cdot 100\% = 92,3\%.$$

Подобные расчеты должны быть проведены по всем номенклатурным позициям плит перекрытия данной подгруппы ЖБИ для определения нормативов ее страховых запасов, затем - по всем группам строительных материалов группы А.

Дальнейшее уточнение методики определения страховых запасов заключается в учете их нормы стохастического характера потребления строительных материалов, где интервалы и объемы их отпуска на строительные площадки рассматриваются как случайные величины с определенным законом распределения.

<sup>1</sup> Чувзаев А.В. Адаптация методики ABC к анализу производственных процессов промышленных предприятий // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2014. № 4 (36). С. 94-96.

<sup>2</sup> Движение материальных ресурсов на предприятии. Регулирование запасов материалов. Submitted by MuHyc on Mon, 01/21/2013. URL: <http://www.carmultisystem.ru/dvizhenie-materialnykh-resursov-na-predpriyatii-regulirovanie-zapasov-materialov.html>.

<sup>3</sup> Кошелев В.А. Оптимизация бизнес-процессов строительной компании на основе информационных технологий // Вестник Самарского государственного экономического университета. Самара, 2014. №7 (117). С. 54-61.