

Р. В. НАЗАРЕНКО,
ведущий специалист отдела по методологии
ООО “Интерпайп Украина”
(Днепропетровск)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРАХОВОГО ЗАПАСА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Предложена методика расчета страхового запаса для минимизации риска отсутствия ресурсов при операционной деятельности, которую можно сочетать с традиционными моделями управления запасами. Показано, что ее внедрение позволит уменьшить потери, связанные с иммобилизацией оборотных активов на 20%.

Ключевые слова: оптимизация, математическая модель, управление оборотными активами, страховой запас, централизация закупок.

The author proposes a method of calculation of the reserve stock for the minimization of a risk of the lacking of resources at the operational activity. The method can be combined with the traditional models of control over stocks. It is shown that its introduction will allow one to decrease the expenditures related to the immobilization of liquid assets by 20%.

Keywords: optimization, mathematical model, control over liquid assets, reserve stock, centralization of purchases.

Актуальной задачей при управлении оборотными активами производственных предприятий горно-металлургического комплекса (ГМК) длительное время остаются разработка и применение оптимизационных моделей, позволяющих наиболее эффективно организовать процесс производства и реализации: снизить материальные затраты, увеличить гибкость по спросу покупателей и, как результат, максимизировать прибыль. С развитием централизованных форм управления предприятиями эта задача приобретает важное значение и является предметом особого внимания менеджмента компаний как в закупочной деятельности, так и в производственных и ремонтных процессах ¹. Наибольшее внимание данной проблеме уделено в направлении современного менеджмента “Управление цепью поставок” (Supply Chain Management – SCM) ². Все современные подходы в управлении производственными запасами на предприятиях основываются на следующих моделях: планирование производственных ресурсов (Manufacturing Resource Planning – MRP I/II), “точно в срок” (Just In Time – JIT), “экономический размер заказа” (Economic Order Quantity – EOQ), “с фиксированным заказом”, “с фиксированным периодом заказа” и ряд модификаций метода “точка заказа” ³. Менее распространенным и известным технической аудитории подходом является “смешанное целочислен-

¹ См.: Назаренко Р. В. Централізація функцій аналізу ринку та проведення закупівель при управлінні підприємствами корпорацій. “Металургічна та горнорудна промисленість” № 1, 2011, с. 113–116.

² См.: Dawei Lu. Fundamentals of Supply Chain Management. “Ventus Publishing ApS”, 2011, 112 p.

³ См.: Макаров В. М. Модели и методы производственного менеджмента и логистики. Управление запасами: практикум. СПб., Изд-во СПбГПУ, 2003, 59 с.

ное программирование” (Mixed Integer Programming – MIP) ⁴. Каждая из этих моделей предлагает алгоритмы, базирующиеся на таких основных группах данных, как история движения запасов, текущий уровень запасов товарно-материальных ценностей (ТМЦ) и прогноз продаж. Но, независимо от выбранного подхода, можно выделить ряд факторов, которые приводят к погрешностям и вызывают или чрезмерную иммобилизацию оборотных активов, или срыв выполнения нескольких заказов из-за перебоев в обеспечении. Причинами могут быть изменения условий контрактов, потребителей, поставщиков и вида транспорта. Также при оценке имеющихся запасов есть вероятность обнаружить погрешность, вызванную несогласованностью внесения фактических прибыльных и расходных транзакций в системы учета, и несвоевременное оформление заявки от цехов-потребителей и т. д. В планируемом периоде данные факторы способны существенно повлиять на распределение величины спроса, поставок и срока обработки заявки. Эти проблемы проявляются в увеличении издержек организаций, применяющих модели типа JIT, поскольку решение большинства таких вопросов перекладывается на поставщиков. Следовательно, для взвешенной оценки эффективности той или иной модели управления запасами и организации закупок компания должна применять соответствующие показатели, учитывающие весь комплекс результатов в этой области хозяйствования ⁵.

Традиционно запасы делят на транспортные, подготовительные, технологические, текущие, сезонные и страховые (Buffer stock – BS). Составляющие всех запасов (за исключением страховых и сезонных) рассчитываются таким образом, чтобы они были израсходованы в течение одного операционного цикла. Наибольший эффект от иммобилизации оборотных активов – именно в BS, поскольку сезонный запас создается только на определенный период повышения потребительского спроса. Таким образом, при управлении запасами актуальным объектом исследования является совершенствование подходов к формированию BS. В данной статье предложена улучшенная методика его расчета, позволяющая снизить уровень иммобилизованных денежных средств при неизменном уровне рисков.

Анализ публикаций показывает, что существуют два основных подхода к определению BS: детерминированный и стохастический ⁶. При первом, часто применяемом в моделях “с фиксированным заказом”, “с фиксированным периодом заказа” и “точка заказа”, страховой (или резервный – $H_{рез}$) запас определяется так:

$$H_{рез} = T_{пост} \cdot (I_{max} - I_{min})/2, \quad (1)$$

где $T_{пост}$ – срок поставки очередной партии (сутки), в некоторых случаях еще и ритм поставки; I_{max} , I_{min} – интенсивность потребления (сутки/сутки). Преимуществами данного подхода являются простота и практичность, однако он не учитывает вероятностный характер спроса и поставок, что не устраняет указанных проблем.

При стохастическом подходе определение BS будет иметь вид:

$$H_{рез} = \xi(P_0) \cdot \sigma^*, \quad (2)$$

где $\xi(P_0)$ – нормированное отклонение (квантиль), величина которого для заданного значения вероятности находится по таблицам интегральной вероятности. На практике часто принимают $\xi(P_0) = 2$ (при уровне вероятности обеспечения 97,7%) ⁷; σ^* –

⁴ См.: P o s h e t Y. Production Planning by Mixed Integer Programming. “Springer Science+Business Media”, Inc., 2006, 505 p.

⁵ См.: Н а з а р е н к о Р. Ключевые показатели эффективности централизованных закупок в промышленности. “Экономика Украины” № 5, 2011, с. 32–39.

⁶ См.: М а к а р о в В. М. Указ. труд.

⁷ См.: т а м ж е.

среднее квадратическое отклонение объема потребления и периода доставки с учетом неравномерности, которое определяется по формуле

$$\sigma^* = (\sigma_I^{*2} + \sigma_T^{*2})^{1/2} = (M_T \cdot \sigma_I^2 + M_I^2 \cdot \sigma_T^2)^{1/2}, \quad (3)$$

где M_T и M_I – соответственно, математическое ожидание периода доставки (сутки) и интенсивности потребления (сутки/сутки); σ_I и σ_T – соответственно, средние квадратические отклонения интенсивности потребления и периода доставки. Слагаемое $\sigma_T^{*2} = M_I^2 \cdot \sigma_T^2$ представляет собой дисперсию в случае, когда интенсивность потребления постоянна, но меняется период доставки. Поскольку в роли коэффициента соотношения между периодом доставки и объемом потребления выступает интенсивность (точнее, математическое ожидание интенсивности потребления), то при переходе к дисперсиям коэффициент возводится в квадрат. Слагаемое $\sigma_I^{*2} = M_T \cdot \sigma_I^2$ представляет собой дисперсию объема потребления в случае, когда период поставки $T_{\text{пост}}$ постоянный, но меняется интенсивность потребления I . Дисперсия интенсивности потребления σ_I^2 представляет собой квадрат среднего квадратического отклонения суточной интенсивности потребления от средней величины. Таким образом, в течение $T_{\text{пост}}$ общая дисперсия объема потребления будет равна $\sigma_I^{*2} = T_{\text{пост}} \cdot \sigma_I^2$. При переходе от $T_{\text{пост}}$ к M_T (математическому ожиданию периода доставки) получаем $\sigma_I^{*2} = M_T \cdot \sigma_I^2$. На рисунке 1 показана связь между средним значением дисперсии суточной интенсивности потребления, математическим ожиданием периода доставки и дисперсией интенсивности потребления за период доставки.

Данный подход принимает во внимание вероятностный характер спроса и срока доставки, но при расчете на величину σ^* влияют весь спектр значений интенсивности потребления и срок доставки в выборке, хотя на повышение риска отсутствия ТМЦ влияют только ускорение интенсивности потребления и увеличение срока доставки по сравнению с номинальными значениями.

Существуют подходы формирования BS для запчастей, на которые спрос крайне неравномерен и не зависит от объемов производства. Согласно теории массового обслуживания, их потребление можно условно считать *марковским процессом*⁸. Тогда страховой (резервный) запас будет равен:

$$H_{\text{рез}} = K(1 - e^{-t/T}), \quad (4)$$

где K – количество установленных запчастей; t – срок поставки (от заявки до установки на агрегат) (сутки); T – срок работы до отказа (сутки). Данный подход приемлем для запчастей основного технологического оборудования, которое в большинстве случаев унифицировано (за исключением участков, на которых предусмотрено резервное оборудование). В противном случае применение подхода вызывает неоправданную иммобилизацию оборотных активов. Учитывая эти отрицательные факторы, при формировании BS мы предлагаем использовать методику, которая позволит минимизировать погрешности.

Рассмотрим пример движения запаса материала А при следующих данных: план потребления за месяц $Q = 600$ шт., плановая суточная норма потребления $H_0 = 20$ шт., плановый срок выполнения заказа $T = 10$ суток (срок выполнения заказа в данном случае равен периоду поставки), страховой запас $H_{\text{рез}} = 13,5$ суток (или $13,5 \cdot 20 = 270$ шт.), рассчитанный по стандартной методике на основе статистических данных предыдущих периодов по формулам (2) и (3) при $P_0 = 99\%$,

⁸ См.: Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник для вузов. М., «ЮНИТИ-ДАНА», 2001, 543 с.

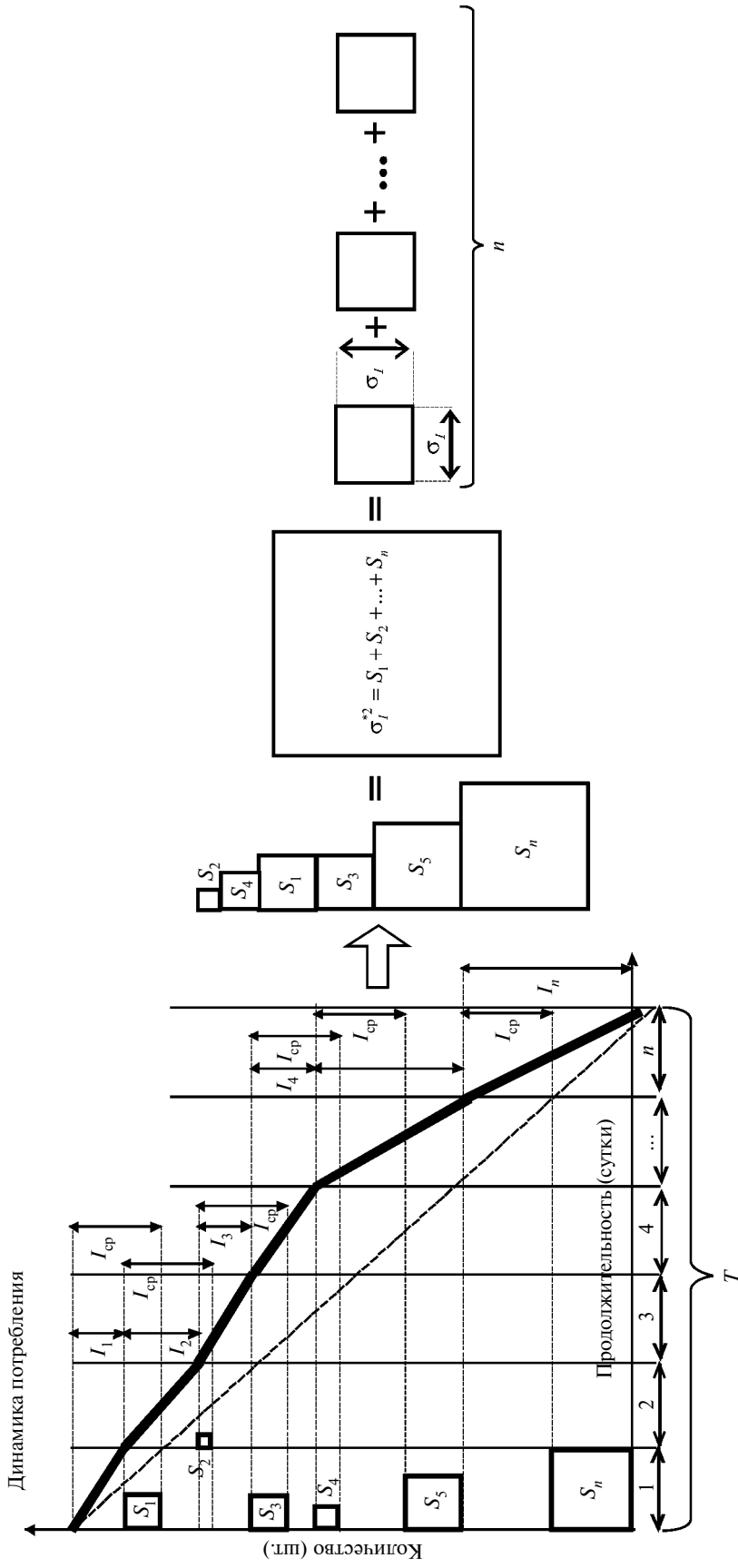


Рис. 1. Геометрическая интерпретация дисперсии объема потребления $M_T \cdot \sigma_I^2$ при постоянном периоде поставки

(S – фактическое квадратическое отклонение интенсивности потребления от среднего значения за сутки (шт.²/сутки²); I – интенсивность потребления (шт./сутки); T – период между поставками; n – кратная дисперсия интенсивности потребления σ_I^2).

то есть $\xi(P_0) = 2,33$ и $\sigma^* = 116$ шт. (или 5,8 суток). На рисунке 2 изображена плановая и фактическая динамика движения запаса материала А в течение месяца для заданных условий.

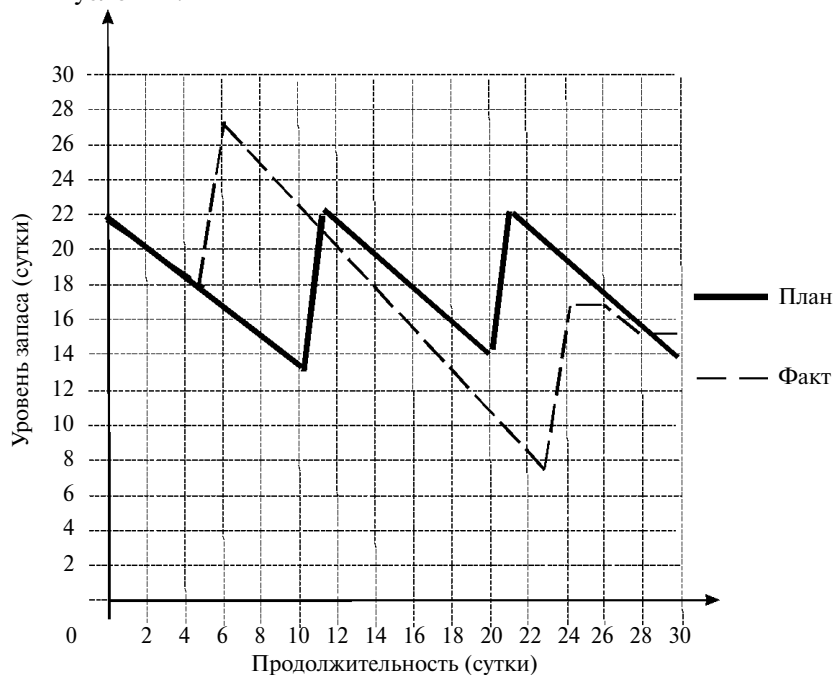


Рис. 2. Динамика движения запаса материала А в течение месяца

В приведенном примере рассматривается ситуация, когда между поставками увеличиваются время (в 1,7 раза) и интенсивность потребления материала (в среднем на 10%). Отметим, что показатель σ^* в данном месяце не отличается от значения, рассчитанного на основе статистических данных. Нижний уровень запаса достиг отметки 7 суток. Очевидно, что даже при существенных изменениях ритма снабжения и потребления величина BS, определенная традиционным способом, избыточна. Причина заключается в завышении значений σ_T и σ_I , поскольку для их расчета во внимание принимают отклонения значений, повышающие риск, а также те, которые не усиливают угрозу отсутствия материала. Во избежание этого предлагаем σ_T и σ_I вычислять по новой методике, в которой учитываются только положительные отклонения, а все отрицательные заменяются на 0. В таблице 1 приведен пошаговый расчет $H_{рез}$ при $\xi(P_0 = 99\%) = 2,33$ по традиционному и предложенному алгоритмам.

**Расчет страхового запаса материала А
по традиционному и предложенному алгоритмам**

Показатель (сутки)	Расчет	Значение
Период поставки по факту (T_i)	По фактическим данным поставок	5; 18; 7
Интенсивность поставки по факту (I_i)	По фактическим данным потребления	1,04; 1,08; 0,29
M_T	$(5+18+7)/3$	10
M_I	$(1,04+1,08+0,29)/3$	0,8
σ_I по традиционному алгоритму	$[\frac{((1,04-0,8)^2+(1,08-0,8)^2+(0,29-0,8)^2)}{(3-1)}]^{1/2}$	0,45

Окончание таблицы

σ_T по традиционному алгоритму	$[\frac{((5-10)^2+(18-10)^2+(7-10)^2)}{(3-1)}]^{1/2}$	7
σ^* по традиционному алгоритму	$(10 \cdot 0,45^2 + 0,8^2 \cdot 7^2)^{1/2}$	5,80
$H_{рез}$ по традиционному алгоритму	$2,33 \cdot 5,8$	13,5
Положительные отклонения периода поставки от среднего значения по факту (ΔT)	Если $T_i - T_{cp} \leq 0$, то $\Delta T = 0$, если $T_i - T_{cp} > 0$, то $\Delta T = T_i - T_{cp}$	0; 8; 0
Положительные отклонения периода доставки от среднего значения по факту (Δi)	Если $T_i - T_{cp} \leq 0$, то $\Delta i = 0$, если $T_i - T_{cp} > 0$, то $\Delta i = T_i - T_{cp}$	0,24; 0,28; 0
σ_i по предложенному алгоритму	$(\frac{(0,24^2 + 0,28^2 + 0^2)}{(3-1)})^{1/2}$	0,21
σ_T по предложенному алгоритму	$(\frac{(0^2 + 8^2 + 0^2)}{(3-1)})^{1/2}$	5,66
σ^* по предложенному алгоритму	$(10 \cdot 0,21^2 + 0,8^2 \cdot 5,66^2)^{1/2}$	4,58
$H_{рез}$ по предложенному алгоритму	$2,33 \cdot 5,8$	10,66

Очевидно, что при сокращении BS на 21% $((13,5 - 10,66)/13,55 \cdot 100\%)$ можно высвободить значительную часть “замороженных” денежных средств без ущерба для основной деятельности предприятия. На рисунке 3 представлена плановая и фактическая динамика движения запаса материала А в течение месяца при BS = 10,7 суток.

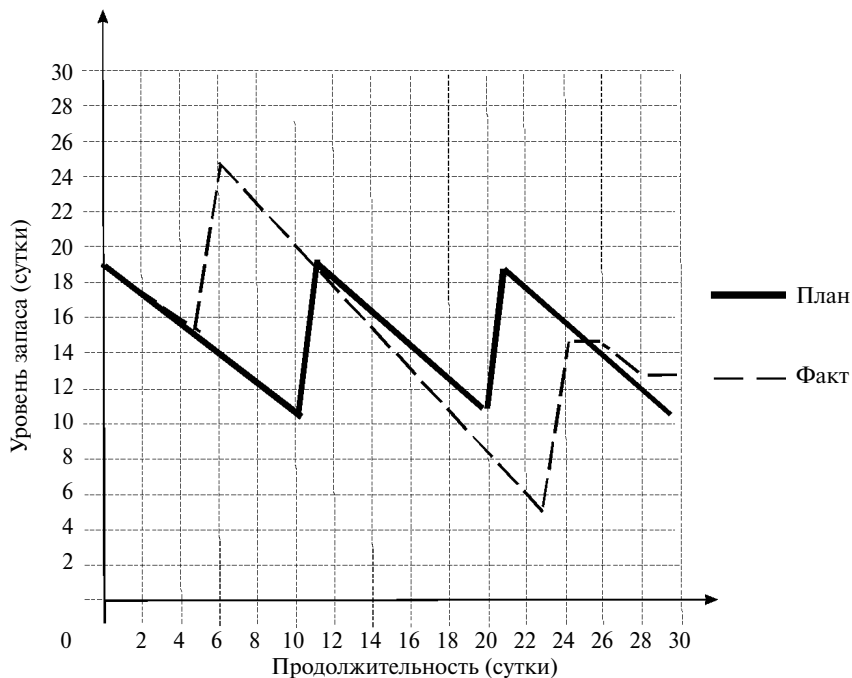


Рис. 3. Динамика движения запаса материала А в течение месяца при BS = 10,7 суток

На предприятиях ГМК BS в среднем составляет от 10 до 20 суток (от 30 до 50% среднего уровня запасов). Для их создания и обслуживания на складах необходимы существенные источники финансирования. Предложенная методика расчета BS позволяет при всех других равных условиях минимизировать иммобилизацию денежных средств и снижение расходов на складское хозяйство. Поскольку методика носит универсальный характер, она может быть применена на любом участке предприятия или для группы предприятий, что имеет важное прикладное значение при централизованном управлении в крупных производственных компаниях. В случае использования общих складов для нескольких сходных по структуре спроса предприятий величина σ^* может быть минимизирована до 1,5–2 суток, что (при вероятности безрисковых поставок 99%) соответствует величине BS на уровне 3,5–4,7 суток. Этого можно достичь за счет снижения перепадов интенсивности потребления, а также благодаря управлению партиями поставок по методике EОQ, которая позволяет оптимально использовать складские мощности и сократить транспортные расходы. Таким образом, средний уровень запасов для крупной компании может снизиться на 20–38%. Например, для металлургической компании с годовым объемом реализации продукции на 1792 млн. дол. и ее себестоимостью 1243 млн. дол. уровень BS составляет почти 47 млн. дол. При применении предлагаемой методики расчета можно вовлечь в оборот от 9 млн. до 17 млн. дол. Следует отметить, что в крупных компаниях эффективное управление как производством, так и запасами в значительной мере зависит от внедрения электронных систем учета и наличия единого номенклатурного классификатора.

В целом внедрение на предприятиях ГМК и в других промышленных отраслях Украины методов, позволяющих минимизировать промышленные запасы при приемлемом уровне риска, положительно повлияет на всю экономику государства. Это происходит, с одной стороны, благодаря возможности направлять заемные средства не на погашение кассовых разрывов, а на развитие предприятий, которое обеспечит снижение себестоимости и повышение конкурентоспособности отечественных предприятий, с другой – в результате ускорения оборачиваемости оборотных активов, способствующего сокращению финансового цикла и увеличению доходности. Таким образом, на макроуровне минимизация промышленных запасов является одним из факторов роста поступлений налогов в бюджет и усиления конкурентных позиций отечественного продукта.

Статья поступила в редакцию 7 февраля 2012 г.
