

Р. В. НАЗАРЕНКО,
провідний фахівець відділу з методології
ТОВ “Інтерпайп Україна”
(Дніпропетровськ)

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ СТРАХОВОГО ЗАПАСУ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Запропоновано методику розрахунку страхового запасу для мінімізації ризику відсутності ресурсів при операційній діяльності, яку можна поєднувати з традиційними моделями управління запасами. Показано, що її запровадження дозволить зменшити втрати, пов'язані з іммобілізацією оборотних активів на 20%.

Ключові слова: оптимізація, математична модель, управління оборотними активами, страховий запас, централізація закупівель.

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.

Актуальним завданням при управлінні оборотними активами виробничих підприємств гірничо-металургійного комплексу (ГМК) тривалий час залишаються розробка та застосування оптимізаційних моделей, які дозволяють найефективніше організувати процес виробництва і реалізації: знизити матеріальні затрати, збільшити гнучкість щодо попиту покупців і, як результат, максимізувати прибуток. З розвитком централізованих форм управління підприємствами це завдання набуває важливого значення і є предметом особливої уваги менеджменту компаній як у закупівельній діяльності, так і у виробничих та ремонтних процесах¹. Найбільшу увагу даній проблемі приділено у напрямі сучасного менеджменту “Управління ланцюгом поставок” (Supply Chain Management – SCM)². Усі сучасні підходи в управлінні виробничими запасами на підприємствах ґрунтуються на таких моделях: планування виробничих ресурсів (Manufacturing Resource Planning – MRP I/II), “точно в строк” (Just In Time – JIT), “економічний розмір замовлення” (Economic Order Quantity – EOQ); “з фіксованим замовленням”, “з фіксованим періодом замовлення” та ряд модифікацій методу “точка замовлення”³. Менш поширеним і відомим технічній аудиторії підходом є “змішане цілочислове про-

¹ Див.: Назаренко Р. В. Централізація функцій аналізу ринку та проведення закупівель при управлінні підприємствами корпорацій. “Металлургическая и горнорудная промышленность” № 1, 2011, с. 113–116.

² Див.: D a w e i L u. Fundamentals of Supply Chain Management. “Ventus Publishing ApS”, 2011, 112 p.

³ Див.: М а к а р о в В. М. Модели и методы производственного менеджмента и логистики. Управление запасами: практикум. СПб., Изд-во СПбГПУ, 2003, 59 с.

грамування” (Mixed Integer Programming – MIP)⁴. Кожна з цих моделей пропонує алгоритми, що базуються на таких основних групах даних: історія руху запасів, поточний рівень запасів товарно-матеріальних цінностей (ТМЦ) і прогноз продажів. Але, незалежно від обраного підходу, можна виділити ряд факторів, які призводять до похибок і викликають або надмірну іммобілізацію оборотних активів, або зрив виконання декількох замовлень через перебої у забезпеченні. Причинами можуть бути зміни умов контрактів, споживачів, постачальників і виду транспорту. Також при оцінюванні наявних запасів можуть мати місце похибка, викликана неузгодженістю внесення фактичних прибуткових і видаткових трансакцій до систем обліку, несвоєчасне оформлення заявки від цехів-споживачів тощо. У періоді, що планується, дані чинники можуть істотно вплинути на розподіл величини попиту, поставок і строку опрацювання заявки. Ці проблеми проявляються у збільшенні витрат організацій, які застосовують моделі типу ЛІТ, оскільки розв’язання значної кількості таких питань перекладається на постачальників. Отже, для зваженої оцінки ефективності тієї чи іншої моделі управління запасами та організації закупівель компанія повинна застосовувати відповідні показники, що враховують увесь комплекс результатів у цій сфері господарювання⁵.

Традиційно запаси поділяють на транспортні, підготовчі, технологічні, поточні, сезонні та страхові (Buffer stock – BS). Складові всіх запасів (за винятком страхових і сезонних) розраховуються у такий спосіб, щоб вони були використані протягом одного операційного циклу. Найбільший ефект від іммобілізації оборотних активів – саме у BS, оскільки сезонний запас утворюється тільки на певний період підвищення споживчого попиту. Таким чином, при управлінні запасами актуальним об’єктом дослідження є вдосконалення підходів до формування BS. У даній статті запропоновано поліпшену методику його розрахунку, що дозволяє знизити рівень іммобілізованих коштів за незмінного рівня ризиків.

Аналіз публікацій показує, що існують два основних підходи до визначення BS: детермінований і стохастичний⁶. За першого, який часто застосовується в моделях “з фіксованим замовленням”, “з фіксованим періодом замовлення” і “точка замовлення”, страховий (або резервний – $H_{рез}$) запас визначається так:

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

де $T_{пост}$ – строк поставки чергової партії (доби), у деяких випадках ще додається ритм поставки; I_{max} , I_{min} – інтенсивність споживання (доби/доба). Перевагами даного підходу є простота і практичність, проте він не враховує імовірнісний характер попиту та поставок, що не усуває зазначених проблем.

За стохастичного підходу визначення BS матиме вигляд:

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

де $\xi(P_0)$ – нормоване відхилення (квантиль), величина якого для заданого значення імовірності знаходиться за таблицями інтегральної імовірності. На практиці часто приймають $\xi(P_0) = 2$ (за рівня імовірності забезпечення 97,7%)⁷; σ^* –

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

⁵ Див.: Н а з а р е н к о Р. Ключові показники ефективності централізованих закупівель у промисловості. “Економіка України” № 5, 2011, с. 32–39.

⁶ Див.: М а к а р о в В. М. Зазнач. праця.

⁷ Див.: т а м ж е.

середнє квадратичне відхилення обсягу споживання та періоду доставки з урахуванням нерівномірності, що визначається за формулою

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

де M_T і M_I – відповідно, математичне сподівання періоду доставки (добы) та інтенсивності споживання (добы/доба); σ_I і σ_T – відповідно, середні квадратичні відхилення інтенсивності споживання та періоду доставки. Доданок $\sigma_T^{*2} = M_I^2 \cdot \sigma_T^2$ являє собою дисперсію у випадку, коли інтенсивність споживання є сталою, але змінюється період доставки. Оскільки у ролі коефіцієнта між періодом доставки і обсягом споживання виступає інтенсивність (точніше, математичне сподівання інтенсивності споживання), то при переході до дисперсій коефіцієнт підноситься до квадрата. Доданок $\sigma_I^{*2} = M_T \cdot \sigma_I^2$ являє собою дисперсію обсягу споживання у випадку, коли період поставки $T_{\text{пост}}$ є сталим, але змінюється інтенсивність споживання I . Дисперсія інтенсивності споживання σ_I^2 являє собою квадрат середнього квадратичного відхилення добової інтенсивності споживання від середньої величини. Отже, протягом $T_{\text{пост}}$ загальна дисперсія обсягу споживання становитиме $\sigma_I^{*2} = T_{\text{пост}} \cdot \sigma_I^2$. При переході від $T_{\text{пост}}$ до M_T (математичного сподівання періоду доставки) дістаємо $\sigma_I^{*2} = M_T \cdot \sigma_I^2$. На рисунку 1 показано зв'язок між середнім значенням дисперсії добової інтенсивності споживання, математичним очікуванням періоду доставки та дисперсією інтенсивності споживання за період доставки.

Даний підхід бере до уваги імовірнісний характер попиту і строку доставки, але при розрахунку на величину σ^* впливають весь спектр значень інтенсивності споживання та строк доставки у вибірці, хоча на збільшення ризику відсутності ТМЦ впливають тільки прискорення інтенсивності споживання та збільшення строку доставки порівняно з номінальними значеннями.

Існують підходи формування BS для запчастин, на які попит є нерівномірним і не залежить від обсягів виробництва. Згідно з теорією масового обслуговування, їх споживання можна умовно вважати *марківським процесом*⁸. Тоді страховий (резервний) запас дорівнюватиме:

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

де K – кількість встановлених запчастин, t – строк поставки (від заявки до встановлення на агрегат) (добы); T – строк роботи до відмови (добы). Даний підхід є прийнятним для запчастин основного технологічного обладнання, яке в більшості випадків є уніфікованим (за винятком дільниць, на яких передбачене резервне обладнання). В іншому випадку застосування підходу викликає не виправдану іммобілізацію оборотних активів. Ураховуючи ці негативні чинники, при формуванні BS ми пропонуємо методик, яка дозволить мінімізувати похибки.

Розглянемо приклад руху запасу матеріалу А за таких даних: план споживання за місяць $Q = 600$ шт., планова добова норма споживання $H_0 = 20$ шт., плановий строк виконання замовлення $T = 10$ діб (строк виконання замовлення у даному випадку дорівнює періоду поставки), страховий запас $H_{\text{рез}} = 13,5$ доби (або $13,5 \cdot 20 = 270$ шт.), розрахований за стандартною методикою на основі статистичних даних попередніх періодів за формулами (2) і (3) при

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

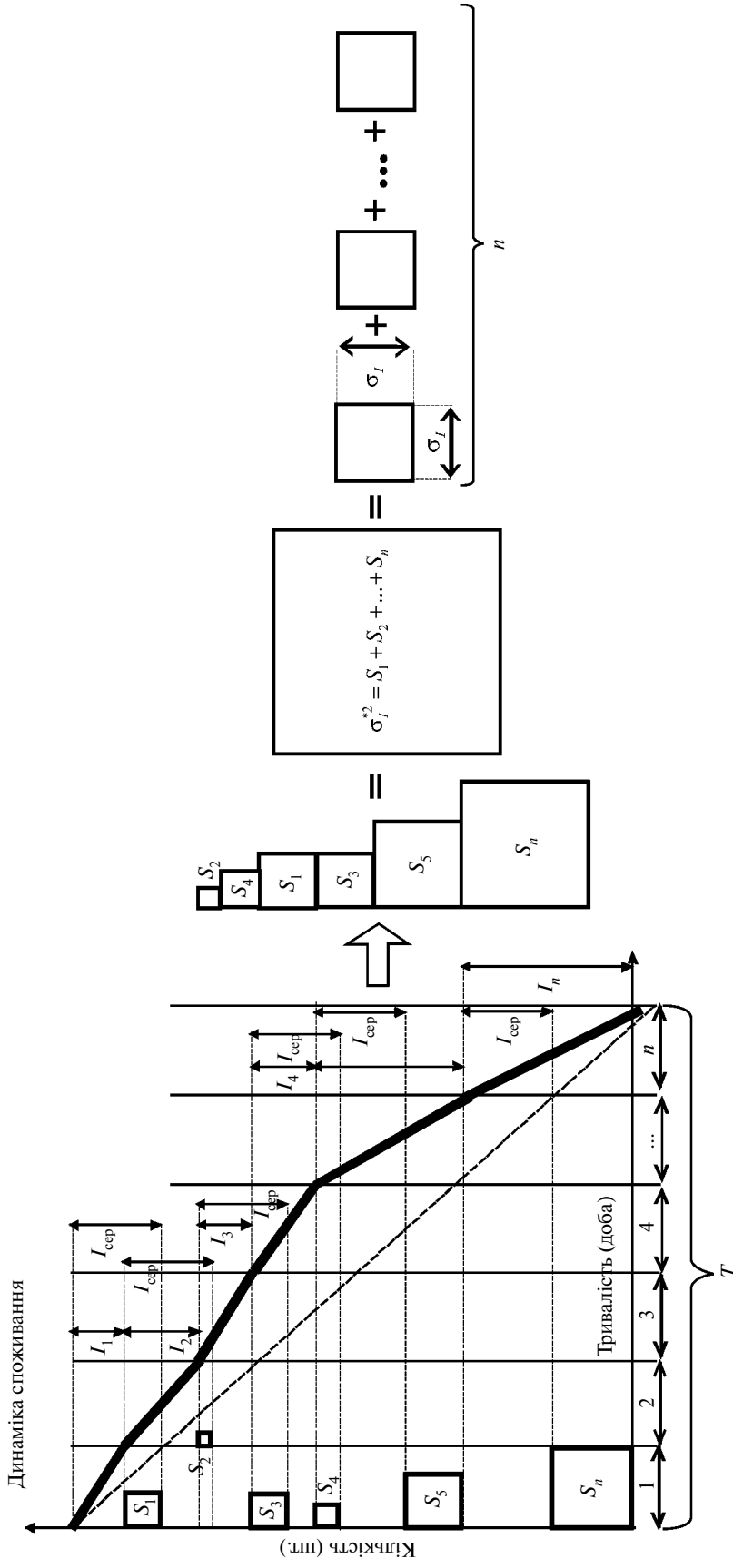


Рис. 1. Геометрична інтерпретація дисперсії обсягу споживання $M_T \cdot \sigma_T^2$ за сталого періоду поставки

(S – фактичне квадратичне відхилення інтенсивності споживання від середнього значення за добу (шт./лоба²); I – інтенсивність споживання (шт./лоба); T – період між доставками; n – кратна дисперсія інтенсивності споживання σ_T^2).

$P_0 = 99\%$, тобто $\xi(P_0) = 2,33$ і $\sigma^* = 116$ шт. (або 5,8 доби). На рисунку 2 зображено планову та фактичну динаміку руху запасу матеріалу А протягом місяця для заданих умов.

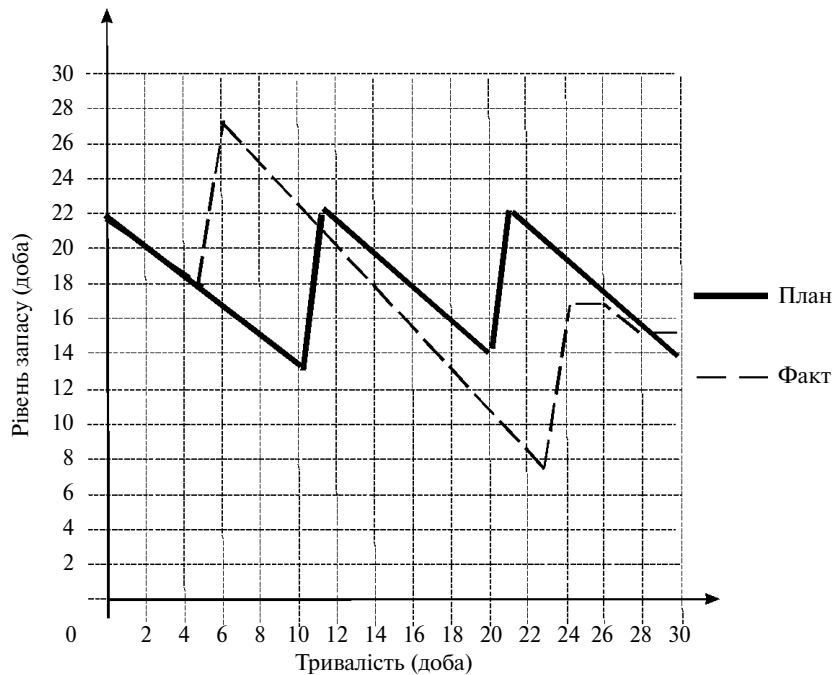


Рис. 2. Динаміка руху запасу матеріалу А протягом місяця

У наведеному прикладі розглядається ситуація, коли між поставками збільшуються час (у 1,7 раза) та інтенсивність споживання матеріалу (у середньому на 10%). Зауважимо, що показник σ^* у даному місяці не відрізняється від значення, розрахованого на основі статистичних даних. Нижній рівень запасу досягнув відмітки 7 діб. Очевидно, що навіть за істотних змін ритму постачання та споживання величина BS, визначена у традиційний спосіб, є надмірною. Причина полягає у завищенні значень σ_T і σ_I , оскільки для їх розрахунку беруть до уваги відхилення значень, які підвищують ризик, а також ті, що не посилюють загрозу відсутності матеріалу. Для уникнення цього пропонуємо σ_T і σ_I обчислювати за новою методикою, якою враховуються тільки додатні відхилення, а всі від'ємні замінюються на 0. У таблиці 1 наведено покроковий розрахунок $H_{рез}$ при $\xi(P_0 = 99\%) = 2,33$ за традиційним і пропонованим алгоритмами.

Розрахунок страхового запасу матеріалу А за традиційним і пропонованим алгоритмами

Показник (доба)	Розрахунок	Значення
Період поставки за фактом (T_f)	За фактичними даними поставок	5; 18; 7
Інтенсивність поставки за фактом (I_f)	За фактичними даними споживання	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 за традиційним алгоритмом	$[((1,04-0,8)^2+(1,08-0,8)^2+(0,29-0,8)^2)/(3-1)]^{1/2}$	0,45
σ_T за традиційним алгоритмом	$[((5-10)^2+(18-10)^2+(7-10)^2)/(3-1)]^{1/2}$	7

σ^* за традиційним алгоритмом	$(10 \cdot 0,45^2 + 0,8^2 \cdot 7^2)^{1/2}$	5,80
$H_{рез}$ за традиційним алгоритмом	2,33 · 5,8	13,5
Додатні відхилення періоду поставки від середнього значення за фактом (ΔT)	Якщо $T_i - T_{сер} \leq 0$, то $\Delta T = 0$, якщо $T_i - T_{сер} > 0$, то $\Delta T = T_i - T_{сер}$	0; 8; 0
Додатні відхилення періоду доставки від середнього значення за фактом (Δi)	Якщо $T_i - T_{сер} \leq 0$, то $\Delta i = 0$, якщо $T_i - T_{сер} > 0$, то $\Delta i = T_i - T_{сер}$	0,24; 0,28; 0
σ_I за пропонуваним алгоритмом	$((0,24^2 + 0,28^2 + 0^2)/(3-1))^{1/2}$	0,21
σ_T за пропонуваним алгоритмом	$((0^2 + 8^2 + 0^2)/(3-1))^{1/2}$	5,66
σ^* за пропонуваним алгоритмом	$(10 \cdot 0,21^2 + 0,8^2 \cdot 5,66^2)^{1/2}$	4,58
$H_{рез}$ за пропонуваним алгоритмом	2,33 · 5,8	10,66

Очевидно, що при скороченні BS на 21% $((13,5 - 10,66)/13,55 \cdot 100\%)$ можна вивільнити значну частину “заморожених” коштів без шкоди для основної діяльності підприємства. На рисунку 3 подано планову та фактичну динаміку руху запасу матеріалу А протягом місяця при BS = 10,7 доби.

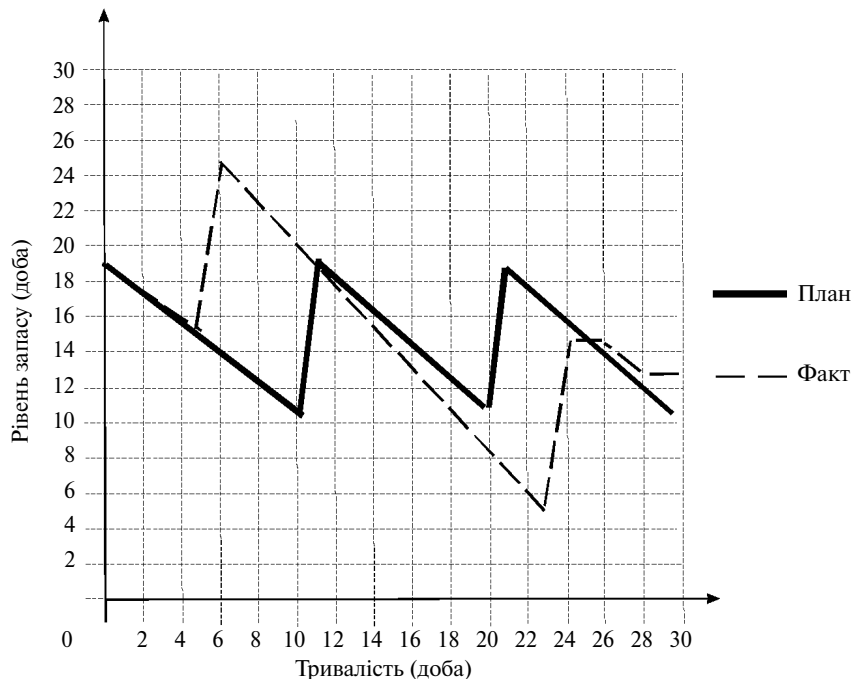


Рис. 3. Динаміка руху запасу матеріалу А протягом місяця при BS = 10,7 доби

На підприємствах ГМК BS у середньому становить від 10 до 20 діб (від 30 до 50% середнього рівня запасів). Для їх утворення та обслуговування на складах необхідні істотні джерела фінансування. Запропонована методика розрахунку BS

дозволяє за всіх інших рівних умов мінімізувати іммобілізацію коштів і зниження витрат на складське господарство. Оскільки методика має універсальний характер, вона може бути застосована на будь-якій ділянці підприємства або для групи підприємств, що має важливе прикладне значення при централізованому управлінні у великих виробничих компаніях. У разі використання спільних складів для декількох схожих за структурою попиту підприємств величина σ^* може бути мінімізована до 1,5–2 діб, що (за ймовірності безризикових поставок 99%) відповідає величині BS на рівні 3,5–4,7 доби. Цього можна досягти за рахунок зниження перепадів інтенсивності споживання, а також завдяки управлінню партіями поставок за методикою EОQ, що дозволяє оптимально використовувати складські потужності та скоротити транспортні витрати. Таким чином, середній рівень запасів для великої компанії може бути знижений на 20–38%. Наприклад, для металургійної компанії з річним обсягом реалізації продукції на 1792 млн. дол. та її собівартістю 1243 млн. дол. рівень BS становить майже 47 млн. дол. При застосуванні пропонованої методики розрахунку може бути залучено в обіг від 9 млн. до 17 млн. дол. Слід підкреслити, що у великих компаніях ефективне управління як виробництвом, так і запасами значною мірою залежить від запровадження електронних систем обліку та наявності єдиного номенклатурного класифікатора.

У цілому запровадження на підприємствах ГМК та в інших промислових галузях України методів, які дозволяють мінімізувати промислові запаси за прийнятним рівнем ризику, позитивно вплине на всю економіку держави. Це відбувається, з одного боку, завдяки можливості направляти позики не на погашення касових розривів, а на розвиток підприємств, який забезпечить зниження собівартості та підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств, з іншого – в результаті прискорення оборотності оборотних активів, що сприяє скороченню фінансового циклу і збільшенню дохідності. Отже, на макrorівні мінімізація промислових запасів є одним з факторів зростання надходжень податків до бюджету та посилення конкурентних позицій вітчизняного продукту.

Стаття надійшла до редакції 7 лютого 2012 р.
