

Захарченко В.І.

*д.е.н., професор,
професор кафедри міжнародного менеджменту та інновацій,
Національний університет «Одеська політехніка»*

Zakharchenko Vitaliy

Odessa Polytechnic National University

Топалова І.А.

*к.е.н., доцент,
с.н.с. відділу розвитку підприємництва,
ДУ «Інститут ринку і економіко-екологічних
досліджень НАН України»*

Topalova Iryna

*State University «Institute of market and economic and ecological
research of the National Academy of Sciences of Ukraine»*

Балахонова О.В.

*д.е.н., професор,
професор кафедри економіки і права,
Вінницький соціально-економічний університет «Україна»*

Balakhonova Olesiy

Vinnitsa's Social and Economic Institute of University «Ukraine»

ДО ПИТАННЯ СИСТЕМАТИЗАЦІЇ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ В ІНТЕГРОВАНІХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ

ON THE ISSUE OF SYSTEMATIZATION OF STOCK MANAGEMENT MODELS IN INTEGRATED SUPPLY CHAINS

Анотація. У статті наведено дослідження питання систематизації моделей параметрів управління запасами на сучасному виробничому підприємстві, проаналізовано уточнення залежності для двох найбільш розповсюджених стратегій – з фіксованим розміром замовлення і фіксованою періодичністю замовлення, які враховують взаємозв'язок поточного, страхового запасів та їх дефіциту. У зв'язку зі значним різноманіттям поняття «управління запасами» була зроблена спроба їх розподілення на: ті, що відбивають різні підходи і ті, що складають різні трактування терміну «стратегія». Виділено особливості у підходах до розрахунку параметрів моделей управління запасами: їх дуже багато, але в основному аналізуються та застосовуються дві. Надано узагальнений алгоритм створення моделі/стратегії управління запасами у вигляді схеми системи контролю стану запасів. Розгляд і порівняння двох моделей управління запасами підвів авторів до висновку про наявність у них взаємних недоліків і переваг, але обидві придатні для використання у практичних розрахунках сучасними суб'єктами господарювання.

Ключові слова: запас, модель, система, замовлення, стратегія, управління, контроль, параметр, прогнозування.

Постановка проблеми. При аналізі наукової та навчальної літератури з питань логістики, який було

здійснено з ціллю підвищення якості викладання навчального курсу «Логістика» з'ясувалось, що питання, які пов'язані з управлінням запасами, представлені у багатьох роботах. Причому, сутність розглянутих проблем однакова, незважаючи на назви робіт. Тому, виникає потреба розібратися у наявній ситуації.

Про важливість розглядання цієї проблеми свідчить Національна економічна стратегія – 2030: «Географічне положення мало б зробити Україну логістичним хабом. Розвиток інфраструктури та гармонізація транспортних коридорів з країнами Європи і світу дасть можливість Україні реалізувати своє вигідне положення та стати транзитним хабом світового масштабу» [11, с. 33].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час підготовки даного дослідження автори проаналізували праці слідуючих вчених: Анікін Б. [8], Бауєрсокс Д. і Клосс Д. [1], Букан Дж. і Кенігсберг Е. [3], Гаджинський А. [4], Крикавський Є. [5], Крістофер М. [6], Ліндерс М і Фірон Х. [7], Лукінський В. [10], Неруш Ю. [12], Пурлік В. [14], Сковронек Ч. і Саріуш-Вольський З. [15], Сток Дж. і Ламберт Д. [16], Уотерс Д. [17], Хедлі Дж. і Уайтін Т. [18].

Так, Крикавський Є. зауважує: «Логістичні менеджери можуть аналізувати запас для пошуку

виграшів від того чи іншого способу нагромадження» [5, с. 200]. Бауерсокс Д. і Клосс Д. стверджують: «Управління запасами – це головний елемент логістики, який повинен бути інтегрованим у єдину систему для досягнення цільових нормативів в обслуговуванні споживачів» [1, с. 237]. Пурлік В. підходить до висновку: «Реалізація логістичного підходу в організації товароруку знаходить власне підтвердження у створенні інтегрованої системи товароруку через місця складування...» [14, с. 179]. Неруш Ю. констатує: «Можливо виділити слідуючи системи управління запасами: з фіксованим розміром запасу; з фіксованим інтервалом часу між запасами. Всі інші системи представляють собою різновиди цих двох систем» [12, с. 135]. Анікін Б. підкреслює: «Порівняння систем управління запасами підводить до висновку про наявність у них взаємних недоліків і переваг» [8, с. 236]. Лукінський В. підходить до висновку: «Крім логістичної місії для формування стратегії логістики підприємства важливо визначити концепцію (головний задум, керуючу ідею) для підтримки бізнесу і управління основними і супутніми потоками» [10, с. 21].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Спочатку необхідно з'ясувати різницю у тлумаченні термінів у напрямку управління запасами. По-друге, усунути двоїстість у розумінні терміну «модель» в стратегічному управлінні запасами. По-третє, поліпшити змістовну характеристику трактовки терміну «управління запасами». Четверте: сфокусуватись на аналізі двох основних моделей (стратегій) управління запасами – з фіксованим розміром замовлення (ФРЗ) і фіксованою періодичністю замовлення (ФПЗ) – для подальшого їх використання у практичних розрахунках.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є визначення основних моделей управління запасами для використання у логістичному забезпеченні суб'єктів господарювання.

Виклад основного матеріалу. На першому етапі спробуємо з'ясувати поняття логістичної концепції «точно в строк» на основі аналізу варіантів трактовки поняття «управління запасами» (табл. 1).

Аналіз таблиці 1 дозволяє дійти до слідуючих висновків:

1) у більшості праць посилаються на термін «управління», а інші терміни за ступенем убунання розташовані слідуючим чином: контроль за станом запасів і статистичний контроль, регулювання, планування, періодичний аналіз, функціонування. Розуміння такого різноманіття термінів необхідно шукати у класифікації функцій управління за стадіями управління: прийняття управлінського рішення – прогнозування/планування; реалізація рішення – організація/координація і регулювання/активізація і стимулювання; контроль – облік/аналіз. Таким чином, частинка термінів у таблиці 1 відно-

сяться до стадії управління (контроль), а всі інші – до функцій управління (планування, регулювання, аналіз). Тобто, термін «управління запасами» є найбільш узагальнюючим;

2) у якості узагальнюючої назви проблеми, що розглядається слід обрати «модель управління запасами», оскільки поняття «модель» є найбільш розповсюдженою трактовкою і об'єктивно відбиває ситуацію, що застосовується на практиці;

3) для запобігання двоїстості розуміння поняття «модель» до цього поняття може бути додано синонім – стратегія (про це свідчить порівняльний аналіз змістовних характеристик термінів – таблиця 2).

На наступному етапі переходимо до оцінки параметрів моделей/стратегій управління запасами, враховуючи такі особливості:

– достатню кількість у наукових і методичних працях таких моделей;

– в основному розглядаємо дві найбільш розповсюджені моделі: ФРЗ – двобункерна система; ФПЗ – з постійним інтервалом часу між замовленнями.

Звертаючись до словника, можливо знайти наступне визначення: «Модель управління запасами – вид моделі, який використовується для визначення часу розміщення замовлення на ресурси та їх кількість, а також маси готової продукції на складах» [2, с. 502]. Спробуємо зробити уточнення і подальший розвиток цих двох моделей.

А. ФРЗ – це система контролю за станом запасів, в якій розмір замовлення на відтворення запасів S_0 є постійною величиною. При зменшенні поточного замовлення S_m до максимально можливого рівня S_3 (крапка замовлення ROP) здійснюється замовлення. Модель ФРЗ формує безперервний облік залишків запасів, тобто контроль поточного запасу із інтервалом Δ . Зафіксовані статистичні дані можуть бути використані для програмування витрачання запасів.

Моменти перетину реалізації поточного запасу $S_{m(t)}$ рівня (крапки) замовлення є випадковими величинами.

Слід вказати, що дана система має декілька модифікацій, а саме [3 та ін.]:

1. Двобункерна система (однаковий обсяг кожного бункера, фіксований розмір замовлення S_0).

2. Двобункерна система зі змінним розміром замовлення (один бункер обсягом S , другий обсягом s , при цьому $S > s$; один з варіантів $S = 2s$).

В принципі при двобункерній системі відсутня необхідність постійного контролю за станом поточного запасу. Особливість роботи даної системи: при надходженні замовлення спочатку заповнюється менший бункер, а потім більш великий, з якого потім здійснюється розхід запасів.

Для формування параметрів моделі ФРЗ необхідно знати такі показники:

– постійний (оптимальний) розмір замовлення S_0 , од.;

Варіанти трактовки поняття «управління запасами»

Джерело	Терміни	Змістовна характеристика
[1]	Стратегія управління запасами (с. 231) Політика управління запасами (с. 236) Контроль за станом запасів (с. 260)	Наведені загальні рекомендації про прийняття рішень та логістичні стратегії (с. 242) Політика управління запасами складається з «рішень, що закупати або виробляти, коли та в яких обсягах» «Політика повинна спиратись на стратегію» (с. 259) «Технічний засіб реалізації політики управління запасами»
[3]	Моделі управління запасами (с. 13) Політика управління запасами (с. 13)	Розглянуті статичні та динамічні моделі управління запасами (наприклад, багато продуктова модель) Під політикою управління запасами розуміють визначення параметру партії Q та точки замовлення R при умові мінімізації загальних змінних витрат, що включає витрати дефіциту... (с. 203)
[4]	Системи контролю стану запасів (с. 231)	Контроль стану запасів – це вивчення та регулювання запасів з метою виявлення відхилення від норм запасів та прийняття оперативних заходів до ліквідації відхилень Наведені приклади систем, зокрема система з фіксованим розміром замовлення (ФРЗ) та система поповнення запасів до максимального рівня
[6]	Статистичний контроль запасів (с. 202)	Розглянуто метод, який засновано на точці відновлення (ROP) та альтернативний метод з фіксованим інтервалом між заказами
[7]	Управління інвентарем ланцюга постачання (с. 223) Планування потреб у сировині (с. 234)	Розглянуті модель ФРЗ та ФПЗ Розглянуті моделі залежного попиту
[8]	Системи управління запасами (с. 217)	Розглянуті основні системи: ФРЗ, ФПЗ та їх модифікації
[12]	Політика управління запасами (с. 240) Системи управління запасами (с. 247)	Політика фірми в управлінні запасами складається з двох елементів – це що закупити та що виробляти, коли та в яких обсягах такий елемент включає у себе розміщення замовлень. Другий елемент політики торкається стратегії управління запасами, тобто управління запасами кожного розподільного центру Розглянуті системи з фіксованим розміром замовлення та з фіксованим інтервалом між замовленнями
[5]	Моделі оптимального управління запасами (с. 206)	Розглянуто сутність моделей: рівня запасу (RLP) і циклу замовлення (RCP)
[15]	Управління запасами (в логістичних системах) (с. 267) Методи (моделі) управління запасами (с. 272)	Автори наполягають, що класичними моделями управління запасами (методами формування запасів або політикою закупок) вважаються: модель рівня запасів (ROP) та модель постійного циклу заказів (ROC)
[16]	Система управління запасами с ФРЗ (с. 226)	Одним з методів, які використовують для контролю запасів в умовах невизначеності є управління запасами с ФРЗ (с. 232)
[17]	Система контролю стану запасів (СКСЗ) (с. 376) Система періодичного аналізу (с. 387)	СКСЗ – постійно враховує кількість, що залишається, уточнюючи інформацію з урахуванням кожної транзакції та направляючи сповіщення коли настане час розміщувати наступне замовлення Аналог ФПЗ (розглянуто підхід на основі фіксованого обсягу замовлення)
[18]	Система управління запасами (с. 13). Моделі оперативного управління запасами (с. 183) Стратегії функціонування Управління запасами (с. 361)	Розглянуті проблеми управління запасами, складські системи, витрати Розглянуті моделі щодо неочікуваного попиту «Під стратегією функціонування розуміють правило, яке демонструє коли і скільки замовляти» (с. 17)

Джерело: узагальнено авторами

Таблиця 2

Змістовні характеристики понять трактовки термінів «модель» і «стратегія»

Поняття	Трактовка (змістовна характеристика)	Джерело
Алгоритм	Точно визначений порядок розробки управлінських рішень, формування планів, обміну інформацією у процесі управління	[2, с. 32]
Метод	Засіб управління діяльністю, що включає формування особливих цілей і завдань, які необхідно виконати для досягнення поставлених цілей	[13, с. 262]
Модель	Копія або аналог процесу, що вивчає формування особливих цілей і завдань, які необхідно виконати для досягнення поставлених цілей	[2, с. 497]
Політика	Образ дій, спрямованих на досягнення чогось, що означає відношення з людьми	[2, с. 708]
Система	Умова, при якій визначена кількість сировини перезамовлюється через певні інтервали часу	[13, с. 502]
Стратегія	Єдиний набір планів і дій, що спрямовані на досягнення основних цілей бізнесу промислової, торговельної або будь-якої організації	[13, с. 548]

Джерело: узагальнено авторами на основі [2; 13]

- середньодобові видатки (інтенсивність) D , од./днів;
- час виконання замовлення τ , днів;
- інтервал часу контролю запасу Δ , днів.

Величина S_0 розраховується за допомогою моделі EOQ або на основі статистичних даних. Розглянемо послідовність визначення параметрів моделі з ФРЗ.

1. Розрахунковими параметрами моделі є:

- страховий запас, од.;
- максимальний запас, од.;
- рівень (точка) замовлення, од.;
- середній рівень запасу, од.;
- загальні витрати моделі ФРЗ, тис. грн.

2. Для розрахунку величини страхового (гарантійного) запасу застосуємо формулу:

$$S_c = x_p \sigma_c = x_p \sqrt{(\tau_c + \frac{\Delta}{2})\sigma_d^2 + D^2\sigma_\tau^2}, \quad (1)$$

де τ_c , σ_c – середнє значення та середнє квадратичне відхилення часу виконання замовлення;

D , σ_d – середнє значення та середнє квадратичне відхилення видатку продукції.

3. Розраховуємо величину максимального запасу:

$$S_{max} = S_o + S_c = S_o + x_p \sqrt{(\tau_c + \frac{\Delta}{2})\sigma_d^2 + D^2\sigma_\tau^2}. \quad (2)$$

4. Розраховуємо граничний рівень (крапку) замовлення S_s :

$$S_s = D\left(\tau + \frac{\Delta}{2}\right) + S_c. \quad (3)$$

Якщо контроль здійснюється кожний день ($\Delta = 1$ день), то складову $0,5 \Delta$ у формулах (1) та (3) можна не враховувати.

Таким чином, розраховані параметри дозволяють побудувати «сітку» з опорних прямих (обсяг замовлення: S_{max} , S_s , S_c ; час – інтервал контролю Δ), на

яку наносять контрольні крапки перевірки стану запасу та крапки, яка характеризує моменти замовлення та його виконання (рис. 1).

5. Розрахуємо середній рівень запасу:

$$S_{cp} = \frac{S_0}{2} + S_c. \quad (4)$$

6. Визначимо загальні витрати моделі ФРЗ. Науковцями [3] наведені різні варіанти залежності загальних витрат для моделі ФРЗ. Відмінність полягає у трактуванні використання значень та їх аналітичному уявленні, математичного опису у вигляді інтегралів або табульованих функцій.

7. Для подальшого розгляду оберемо один з варіантів. Для опису загальних витрат, аналогічних залежності [2; 3]:

$$C_\Sigma = \frac{A}{S} C_0 + C_x \frac{S}{2} + C_x S_c (X_p, \sigma_c) + \frac{A}{S} C_d \sigma_c F(X_p) \quad (5)$$

$F(X_p) = f(K_p)$ – функція втрат (см. формулу у [1; 16]).

За аналогією з моделлю ВПЗ, для визначення оптимальних величин S_0^* та S_c^* , мінімізують C_Σ та можуть бути використані чисельні (інтеграційні) способи та аналітичні дані. Зокрема, у роботі [3] наведені залежності для обчислення S_0^* та S_c^* з використанням системи двох рівнянь:

$$\frac{dC_\Sigma}{dS} = 0 \text{ та } \frac{dC_\Sigma}{dS_c} = 0. \quad (6)$$

При використанні інтеграційної процедури алгоритм обчислення S_0^* та S_c^* включає:

Розрахунок S_0 по формулі Харіса-Уілсона (модель, яка визначає оптимальний обсяг продукції, що замовляється, який дозволяє мінімізувати

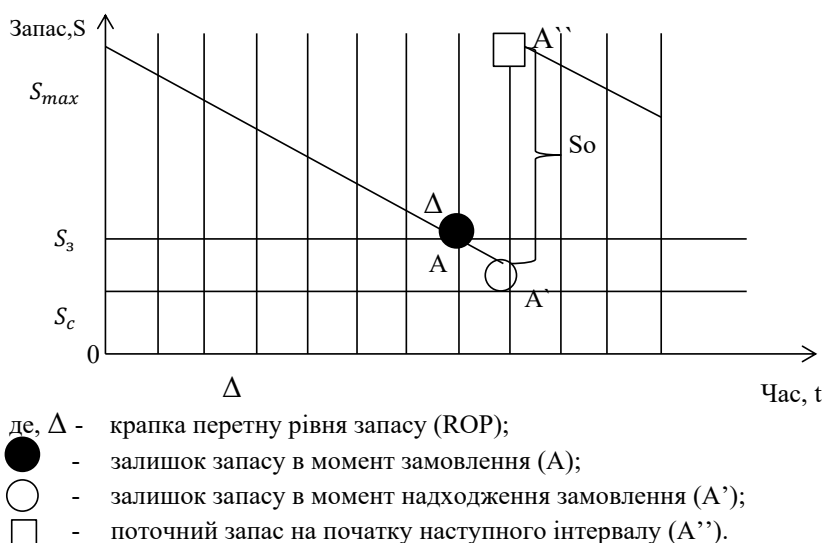


Рис. 1. Модель управління запасами з ФРЗ

Джерело: розроблено на основі [3]

загальні змінні витрати, які пов'язані із замовленням та зберіганням запасів, EOQ – модель [Вікіпедія].

Оцінка величини:

$$P = 1 - \frac{S_0 * C_x}{A * C_d} \quad (7)$$

Визначення X_p з використанням таблиць [1; 16] для нормального закону розподілення.

Визначення $F(X_p)$ за таблицями, які наведені у роботах [1; 16] (функція збитків).

Розрахунок скорегованої величини оптимальної партії замовлень:

$$S_0^* = \sqrt{\frac{2A(C_0 + C_o \sigma_c F(X_p))}{C_x}} \quad (8)$$

Повторення процедури обчислення (пункт 2) для досягнення заданої точності.

Таким чином, можливо скласти алгоритм системи контролю стану запасів (рис. 2), до якого належить модель економічного розміру замовлення – EOQ [1, с. 243–244]. «Модель економічного розміру замовлення або модель EOQ, дозволяє обчислювати оптимальну величину партії поставки для попов-

нення запасів, але в силу жорстких вихідних перед посилення її застосування на практиці обмежено» [1, с. 244].

Б. ФПЗ – це система контролю за станом запасів, в якій період між замовленнями є постійною величиною (місяць, півмісяця) [8, с. 233].

В кінці кожного періоду (циклу) перевіряється рівень запасу і з урахуванням залишку S_{Ti} розраховується розмір партії, яку замовляють S_{zi} запас в системі додається до максимального рівня S_{max} . Вважається, що дана система найбільш ефективна на універсальних складах, коли є можливість варіювати розмір партії постачання, а транспортно-транзитні видатки не дуже великі [8, с. 237].

Для формування параметрів моделі ФПЗ необхідно знати такі показники:

1. Інтервал часу між замовленнями – T , днів.
2. Потреба в продукті, що замовляється A , од. та середньодобові видатки (інтенсивність) D , од./днів.
3. Час виконання замовлення – τ .

Розглянемо як визначаються дані показники. Інтервал часу між замовленнями T може бути обрано різними способами: розрахунковим шля-

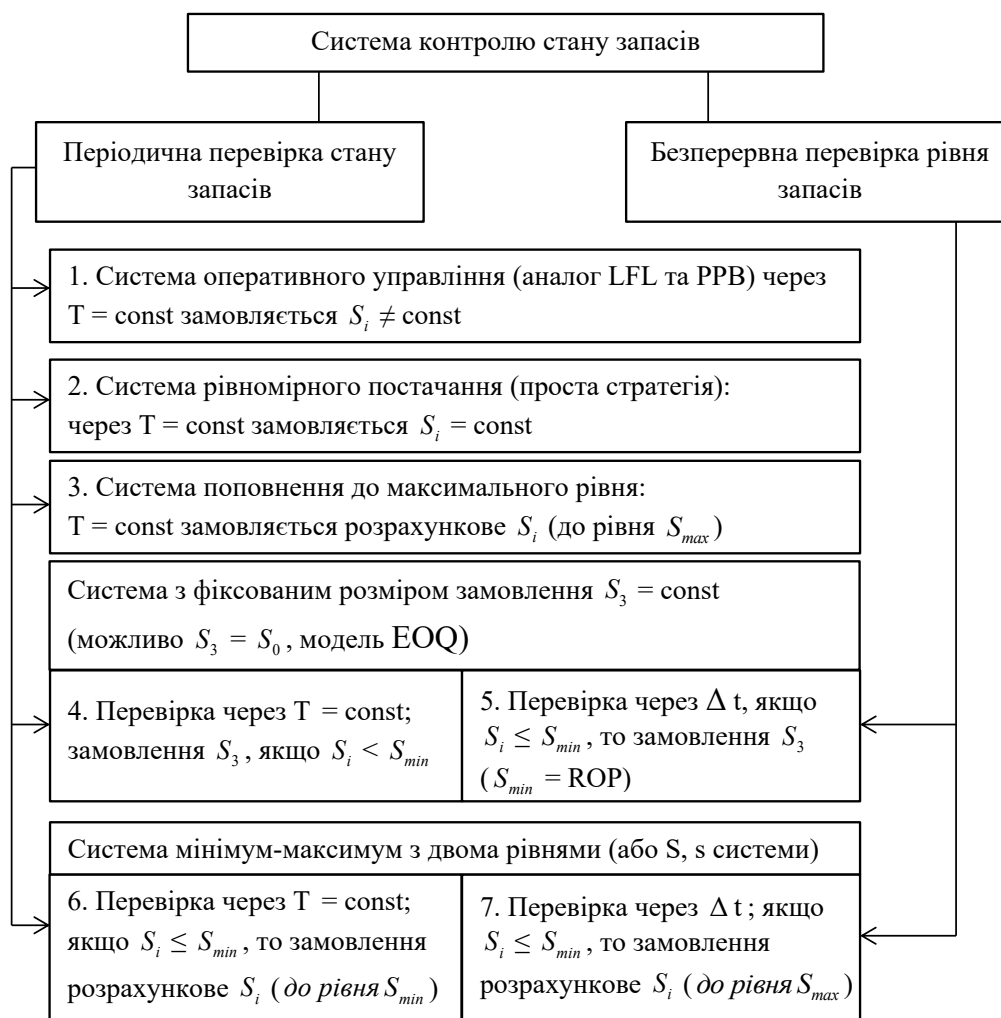


Рис. 2. Алгоритм створення моделі/стратегії управління запасами

Джерело: складено на основі [1, с. 267; 8, с. 239]

хом або емпіричним, з урахуванням практики перевірки (інвентаризації) запасів на складах, наприклад 1-го числа кожного півроку.

Якщо при розробці моделі з ФПЗ використовується формула Харіса-Уілсона, то розрахункова величина T визначається за формулою:

$$T = \frac{D_p * S_0}{A}, \quad (9)$$

де S_0 – оптимальна партія постачання; D_p – розрахунковий період.

Якщо за основу приймаються статистичні дані о попередніх постачаннях, то величина T розраховується за формулою, яка зазначена у роботах [1, с. 253–254; 10, с. 215–221].

Вибір періодичності T пов'язано із іншими показниками – часом виконання замовлення τ . Якщо T більше ніж τ , то замовлення здійснюється між двома суміжними постачаннями. Це найбільш бажаний результат при формуванні системи управління запасами з фіксованою періодичністю замовлення. Якщо інтервал замовлень T менш часу виконання замовлення τ , це призводить до появи за часом τ двох або більш замовлень. Іншими словами, замовлення здійснюється у той час, коли попереднє замовлення ще не надійшло до споживача. Це призводить до зростання невизначеності системи управління запасами, особливо при більших варіаціях добового розходу та часу виконання замовлення [1, с. 252–253].

При формуванні системи управління запасами ФПЗ можливі два варіанти: детермінований та стохастичний (вірогідний).

При детермінованому підході всі показники задані в виді постійних величин, а залежності, наприклад видатки поточного запасу, у вигляді прямих ліній. Детермінований варіант розрахунку параметрів системи з ФПЗ приведено у роботі [8, с. 233–235]; також надано опис різних варіантів формування даної системи, яка враховує однократні та багатократні збої у постачаннях. Згідно [16, с. 232], якщо інтенсивність попиту та часу виконання замовлення постійні, системи управління ФПЗ та ФРЗ призводять до однакових результатів.

При стохастичному підході більшість показників характеризуються середніми значеннями, середнім квадратичним відхиленням та законами розподілу.

1. Розглянемо послідовність визначення параметрів моделі з ФПЗ при ймовірнісному підході.

Розрахунковими параметрами моделі є:

- страховий запас, од.;
- максимальний запас, од.;
- розмір замовлення, од.;
- середній рівень запасу, од.;
- загальні витрати моделі ФПЗ, тис. грн.

2. При заданій потребі A визначаються середньодобові видатки:

$$\bar{D} = \frac{A}{D_p}. \quad (10)$$

3. На основі обробки статистичних даних уточнюємо показник \bar{D} (як середнє значення) та розраховуємо середнє квадратичне відхилення добового видатку σ_d .

4. Визначимо статистичні параметри часу постачання: середнім значенням τ_c та середньоквадратичним σ_t .

5. Визначимо величину поточного запасу:

$$S_t = \bar{D} (T + \tau_c). \quad (11)$$

6. Розрахуємо величину страхового (гарантійного) запасу S_c одним з можливих варіантів розрахунку (за $\sigma_t = 0$):

$$S_{c1} = x_p \sigma_d \sqrt{T + \tau_c}, \quad (12)$$

де x_p – параметр (квантіль) нормального закону розподілу.

При відсутності статистичних даних на основі експертної оцінки вибираємо максимальний інтервал запізнювання τ_{max} та розраховуємо величину стартового запасу:

$$S_{c2} = \bar{D} \tau_{max}. \quad (13)$$

7. Розглянемо величину максимального запасу як суму поточного та страхового запасів:

$$S_{max} = S_t + S_c = \bar{D}(T + \tau_c) + x_p \sigma_d \sqrt{T} + \tau_c \quad (14)$$

Таким чином, розраховані параметри дозволяють побудувати мережу з прямих ліній (рис. 3): обсяг замовлення (S_{max} , S_c) – час (T , τ), на яку наносять крапки та лінії, що характеризують процес надходження та видатку продукції.

8. Розрахуємо розмір замовлення S_3 в момент замовлення T

$$S_3 = S_{max} - S_{mi} - S_{z(i-1)}, \quad (15)$$

де S_{mi} – величина залишку запасу у момент замовлення T_i ; $S_{z(i-1)}$ – обсяг запасу, який замовлено раніш, наприклад запаси у дорозі (за $\tau > T$).

Численна апробація приведених формул [8, с. 234], доводить, що у процесі реалізації, включаються надходження та видатки запасу, перший цикл несхожий на усі послідовні та характеризується величиною S_{max} та продовженням циклу ($T + \tau$) [1, с. 243].

Проведені нами розрахунки з використанням імітаційного моделювання дозволили виявити наступне правило: розраховані формули для другого та послідовних циклів можуть бути у виді (при $T > \tau$ та відповідно $S_{z(i-1)} = 0$):

$$S_{c1} = x_p \sigma_d \sqrt{T}, \quad (16)$$

$$S_{max1} = \bar{D} T + S_{c1}, \quad (17)$$

$$S_{зам} = S_{max1} - S_{т1} + S_{nj}(\tau), \quad (18)$$

де $S_{nj}(\tau)$ – прогнозне значення видатків запасу за часом постачання τ . Для розрахунку $S_{nj}(\tau)$ можливо використати два способи:

1) при невеликій варіації інтенсивності добового видатку продукції:

$$S_{nj}(\tau) = \bar{D} \tau_c; \quad (19)$$

2) при значній варіації:

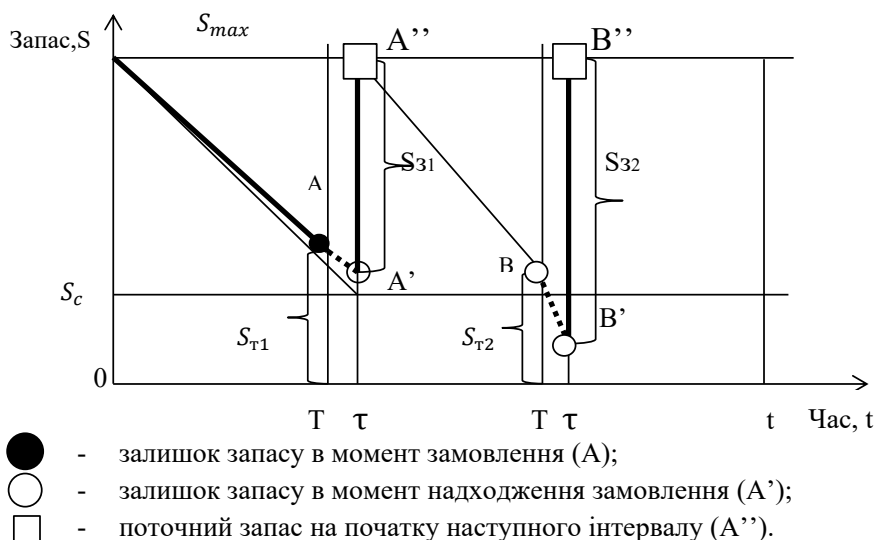


Рис. 3. Модель управління запасами з фіксованим інтервалом часу між замовленнями

Джерело: складено на основі [1, с. 255; 8, с. 232]

$$S_{n2}(\tau) = d_i \tau_c, \quad (20)$$

де d_i – прогнозне значення інтенсивності добового витрату для i -ї реалізації.

При відсутності будь-якої додаткової інформації щодо надходження та витрату запасу для розрахунку d_i можливо застосувати формулу:

$$d_i = \frac{S_{max} - S_{mi}}{T - \tau_c}. \quad (21)$$

9. Розрахуємо середній рівень запасу S_{cp} для моделі ФПЗ

$$S_{cp} = \frac{DT}{2} + S_c, \quad (22)$$

де S_c – страховий запас, формула (12) або (13).

10. Визначимо загальні втрати з урахуванням витрат на оформлення замовлення, збереження поточного та страхового запасів та витрат, у зв'язку із дефіцитом

$$C_{\Sigma} = \frac{A}{S} C_0 + C_x \frac{S}{2} + C_x x_p \sigma_c + \frac{A}{S} C_q \sigma_c F(x_p). \quad (23)$$

Припустимо, що для розрахунку σ_c використовується формула (16). Тоді при умові, що $T = \frac{S}{D}$, формула (23) буде мати вид:

$$C_{\Sigma} = \frac{A}{S} C_0 + C_x \frac{S}{2} + C_x x_p \sigma_D \sqrt{\frac{S}{D}} + \frac{A}{S} C_q \sigma_D \sqrt{\frac{S}{D}} F(x_p). \quad (24)$$

Для визначення оптимальних величин замовлення S_0 та страхового запасу S_{cmp} на основі (24) необхідно вибрати розрахункову модель: якщо невизначені витрати, які пов'язані з дефіцитом, тобто $C_D = 0$, тоді вибираємо вірогідні сну модель; якщо відомі, тоді вірогідно-економічну.

Розглянемо першу модель ($C_D = 0$), тоді в рівнянні загальних витрат (24) залишаються визначені скла-

дові (задана вірогідність відсутності дефіциту $\Phi(x)$, тобто величина x_p):

$$C_{\Sigma} = \frac{AC_0}{S} + \frac{C_x S}{2} + C_x x_p \sigma_D \sqrt{\frac{S}{D}} \rightarrow \min. \quad (25)$$

Таким чином, для визначення оптимальної величини поточного запасу S_{om} , що враховує стартовий запас, можливо застосувати чисельний метод. Інший варіант для розрахунку S_0^* може бути отримано з диференційного рівняння [10, с. 216]:

$$-\frac{CoA}{S^2} + \frac{C_x}{2} + \frac{C_x x_p \sigma_D}{2\sqrt{DS}} = 0. \quad (26)$$

Для виводу ітераційної формули для розрахунку S_0^* виконаємо такі дії:

– перенесемо останній доданок у перший доданок:

$$-\frac{CoA}{S^2} + \frac{C_x}{2} + \frac{C_x x_p \sigma_D}{2\sqrt{DS}}; \quad (27)$$

– помножимо обидві частини рівняння на $\frac{2S^2}{C_x}$:

$$-\frac{2CoA}{C_x} + S^2 = -\frac{x_p \sigma_D}{\sqrt{D}} \sqrt{S^3}; \quad (28)$$

– врахувавши, що перший доданок (28) – це формула EOQ, отримаємо ітераційну формулу:

$$S_{i+1} = \sqrt{(\text{EOQ})^2 - \frac{x_p \sigma_D}{\sqrt{D}} \sqrt{S_i^3}}. \quad (29)$$

Розглянемо другу модель при відомих витратах в результаті дефіциту C_D . В цьому випадку пошуку мінімуму загальних витрат враховує оптимізацію страхового запасу з урахуванням витрат в результаті дефіциту та оптимізації величини замовлення (поточного запасу). Можливі два варіанти.

Перший варіант: використання чисельних методів та відповідних пакетів програм.

Другий варіант може бути представлено у виді ітераційного алгоритму, що включає такі етапи:

1. На основі двох перших доданків формули (24) визначаються S_0^* .

2. На основі третього та четвертого доданків формули (24) визначаємо оптимальну величину страхового запасу S_o^* та відповідну величину x_p^* [1; 16].

3. Використаємо формулу (29) для визначення оптимальної величини замовлення S_{i+1}^* з урахуванням x_p^* , тобто оптимальної величини страхового запасу S_c^* .

4. Далі етапи 2 та 3 повторюються задля отримання бажаних результатів.

Здійснені розрахунки показали швидку збіжність результатів розробленого ітераційного алгоритму.

Таким чином, отримані результати дозволяють говорити, що дана модель/стратегія управління з фіксованою періодичністю замовлення достатньо глибоко пророблена та може бути використана для практичних результатів.

Висновки та пропозиції. Можливо констатувати, що основні моделі/стратегії управління запасами з фіксованим розміром замовлення можуть бути використані для практичних результатів шляхом врахування взаємозв'язків та взаємовпливу між поточними та страховими запасами та вірогідністю виникнення дефіциту.

Розгляд і порівняння двох моделей управління запасами підводить до висновку про наявність у них взаємних недоліків і переваг. Модель с ФРЗ потребує безперервного обліку поточного запасу на складі. З іншого боку, модель з ФПЗ між замовленнями вимагає лише періодичного контролю кількості запасу.

Необхідність постійного обліку запасу в моделі з ФРЗ можливо розглядати як основний її недолік. З іншого боку, відсутність постійного контролю за поточним запасом в моделі з ФПЗ між замовленнями є її основною перевагою перед першою моделлю. Слідством переваги моделі з ФПЗ між інтервалами замовлення є те, що в моделі з ФРЗ максимально бажаний запас завжди має менший розмір, ніж у першій моделі. Це призводить до економії на витратах по утриманню запасів на складі за рахунок скорочення площин, що займаються запасами, що, у свою чергу, складає перевагу моделі з ФПЗ перед моделлю з ФРЗ між замовленнями.

Література:

1. Donald J. Bowersox, David J. Closs. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill, 1996. ISSN 2691-4433. 730 p.
2. Азрилиан А.Н. Большой экономический словарь. URL: <https://rus-big-economic-dict.slovaronline.com/> (дата звернення: 24.03.2023).
3. Букан Дж., Кенингсберг Э. Научное управление запасами. URL: https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&id=19063&c=72&Itemid=99 (дата звернення: 24.03.2023).
4. Гаджинский А.М. Логистика. URL: <http://kk.nau.edu.ua/article/1373> (дата звернення: 27.03.2023).
5. Крикавський С. Логістика: навчальний посібник. Львів : Видавництво ДУ «Львівська політехніка», 1999. 264 с.
6. Кристофер М. Логистика и управление цепями поставок. URL: <https://www.goodreads.com/book/show/56633381> (дата звернення: 27.03.2023).

7. Leenders M.R., Fearon H.E. *Supply and inventory management*. URL: https://www.academia.edu/30711954/Leenders_Johnson_Flynn_Fearon_Purchasing_and_Supply_Management_13th_Edition (дата звернення: 27.03.2023).
8. Логистика: учебное пособие. Под ред. Б.А. Аникина. URL: <https://www.polessu.by/sites/default/files/files/10-bibl/02/40-novie-knigi-logistike.pdf> (дата звернення: 27.03.2023).
9. Логістичне забезпечення безпекоорієнтованого розвитку інноваційно-активних суб'єктів господарювання : колективна монографія. За ред. М.М. Меркулова; від. ред. В.І. Захарченко. Одеса : Фенікс, 2021. 152 с.
10. Модели и методы теории логистики : учебное пособие. Под ред. В.С. Лукинского. URL: https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&id=21470&c=72&Itemid=99 (дата звернення: 27.03.2023).
11. Національна економічна стратегія – 2030. *Урядовий кур'єр*, 2021. № 13. С. 5–34.
12. Неруш Ю.М. Коммерческая логистика: учебник для вузов. URL: http://ni.biz.ua/8/8_9/8_92741_nerush-yum-kommercheskaya-logistika-uchebnik-dlya-vuzov-m-banki-i-birzhi-yuniti-----s.html (дата звернення: 27.03.2023).
13. Pass K., Lowes B., Pendelton E., Chadwick L. *A large explanatory dictionary of business*. URL: <https://www.abebooks.com/9780004343655/Collins-Dictionary-Business-Pass-C.L-0004343654/plp> (дата звернення: 27.03.2023).
14. Пурлик В.М. Рынок инвестиционных товаров и логистика: монография. URL: https://science.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1148&catid=6&Itemid=9 (дата звернення: 27.03.2023).
15. Skowronek Ch., Sarjusz-Wolski Z. *Logistyka w przedsiębiorstwie: pomoc dydaktyczna*. URL: <https://www.empik.com/logistyka-w-przedsiębiorstwie-skowronek-czeslaw-sarjusz-wolski-zdzislaw,p1064018310,ksiązka-p> (дата звернення: 27.03.2023).
16. Stock J.R., Lambert D.M. *Strategic Logistics Management*. URL: [https://www.scrip.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2080906](https://www.scrip.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2080906) (дата звернення: 27.03.2023).
17. Waters D. *Logistics. Supply chain management*. URL: <https://www.goodreads.com/book/show/10790025-supply-chain-management> (дата звернення: 27.03.2023).
18. Хедли Дж., Уайтин Т. Анализ систем управления запасами. URL: <https://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/66758> (дата звернення: 27.03.2023).

References:

1. Donald J. Bowersox, David J. Closs. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill. 730 p.
2. Azriliyan A.N. Bol'shoy ekonomicheskiy slovar' [Big Economic Dictionary]. URL: <https://rus-big-economic-dict.slovaronline.com/> (date of completion 24.03.2023).
3. Bukan Dzh., Keningsberg E. Nauchnoye upravleniye zapasami [Scientific inventory management]. URL: https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&id=19063&c=72&Itemid=99 (date of completion 24.03.2023).
4. Gadzhin'kiy A.M. Logistika [Logistics]. URL: <http://kk.nau.edu.ua/article/1373> (date of completion 27.03.2023).
5. Krykavskyy YE. Lohistyka: navchalnyy posibnyk (1999). [Logistics: a study guide]. Lviv: Vydavnytstvo DU «Lvivska politekhnika». 264 p.
6. Kristofer M. Logistika i upravleniye tsepyami postavok [Logistics and supply chain management]. URL: <https://www.goodreads.com/book/show/56633381> (date of completion 27.03.2023).
7. Linders M.R., Fearon H.E. *Supply and inventory management*. URL: https://www.academia.edu/30711954/Leenders_Johnson_Flynn_Fearon_Purchasing_and_Supply_Management_13th_Edition (date of completion 27.03.2023).
8. Logistika: uchebnoye posobiye. Pod red. B.A. Anikina [Logistics: textbook]. URL: <https://www.polessu.by/sites/default/files/files/10-bibl/02/40-novie-knigi-logistike.pdf> (date of completion 27.03.2023).
9. Lohistychno zabezpechennya bezpekooriyentovanoho rozvytku innovatsiyno-aktyvnykh sub'yektiv hospodaryuvannya: kolektyvna

- monohrafiya (2021) [Logistic support for security-oriented development of innovative and active business entities: collective monograph]. Za red. M.M. Merkulova; vid. red. V.I. Zakharchenko. Odesa: Feniks. 152 p.
10. Modeli i metody teorii logistiki: uchebnoye posobiye [Models and methods of the theory of logistics: textbook.]. Pod red. V.S. Lukinskogo. URL: https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&id=21470&c-72&Itemid=99 (date of completion 27.03.2023).
 11. Natsionalna ekonomichna stratehiya – 2030 (2021) [National economic strategy – 2030]. *Uryadovyy kuryer*; 2021. № 13. P. 5-34.
 12. Nerush Yu.M. Kommercheskaya logistika: uchebnik dlya vuzov [Commercial logistics: a textbook for universities]. URL: http://ni.biz.ua/8/8_9/8_92741_nerush-yum-kommercheskaya-logistika-uchebnik-dlya-vuzov-m-banki-i-birzhi-yuniti-----s.html (date of completion 27.03.2023).
 13. Pass K., Lowes B., Pendelton E., Chadwick L. A large explanatory dictionary of business. URL: <https://www.abebooks.com/9780004343655/Collins-Dictionary-Business-Pass-C.L-0004343654/plp> (date of completion 27.03.2023).
 14. Purlik V.M. Rynok investitsionnykh tovarov i logistika: monografiya [Investment goods market and logistics: monograph]. URL: https://science.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1148&catid=6&Itemid=9 (date of completion 27.03.2023).
 15. Skowronek Ch., Sarjusz-Wolski Z. Logistyka w przedsiębiorstwie: pomoc dydaktyczna. URL: <https://www.empik.com/logistyka-w-przedsiębiorstwie-skowronek-czeslaw-sarjusz-wolski-zdzislaw,p1064018310,ksiazka-p> (date of completion 27.03.2023).
 16. Stock J.R., Lambert D.M. Strategic Logistics Management. URL: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2080906](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2080906) (date of completion 27.03.2023).
 17. Waters D. Logistics. Supply chain management. URL: <https://www.goodreads.com/book/show/10790025-supply-chain-management> (date of completion 27.03.2023).
 18. Khedli Dzh., Uaytin T. Analiz sistem upravleniya zapasami [Analysis of inventory control systems]. URL: <https://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/66758> (date of completion 27.03.2023).

Summary. The article provides a study of the issue of systematization of models of inventory management parameters at a modern manufacturing enterprise, analyzes the specification of dependence for the two most common strategies - with a fixed order size and a fixed order frequency, which take into account the relationship between current, insurance stocks and their deficit. In connection with the significant diversity of the concept of "stock management", an attempt was made to divide them into: those that reflect different approaches and those that make up different interpretations of the term "strategy". Peculiarities in approaches to calculating the parameters of inventory management models are highlighted: there are many of them, but mainly two are analyzed and applied. A generalized algorithm for creating a stock management model/strategy in the form of a stock control system scheme is provided. A review and comparison of the two inventory management models led the authors to the conclusion that they have mutual disadvantages and advantages, but both are suitable for use in practical calculations by modern business entities. Basic fixed order size inventory management models/strategies can be used for practical results by considering the relationships and interactions between current and insurance stocks and the probability of shortages. A review and comparison of two inventory management models leads to the conclusion that they have mutual disadvantages and advantages. The model with RZ requires continuous accounting of the current stock in the warehouse. On the other hand, the model with FPZ between orders requires only periodic control of the stock quantity. The need for constant accounting of the stock in the model with FRZ can be considered as its main drawback. On the other hand, the lack of constant control over the current stock in the model with FRZ between orders is its main advantage over the first model. A corollary of the advantage of the model with FPZ between order intervals is that in the model with FRZ the maximum desired stock is always smaller than in the first model. This leads to savings in inventory holding costs due to the reduction of planes dealing with inventory, which in turn is an advantage of the FRZ model over the inter-order model.

Key words: stock, model, system, order, strategy, management, control, parameter, forecasting.