

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.10.656-677

УДК 339.144; 658.7; 658.8; 658.78 (075.8)

к.т.н., доцент **Човнюк Ю.В.**,

ychovnyuk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0608-0203,

к.т.н., доцент **Приймаченко О.В.**,

prymachenko.ov@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5125-8472,

**Міщенко О.Д.**,

mischenko.od@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-4493-9648,

**Чередніченко О.П.**,

orcherednichenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0445-2816,

Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ТА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ТОВАРІВ НА СКЛАДІ**

*Розглянута проблематика управління матеріальними ресурсами – запасами на основі аналізу основних систем (моделей) контролю стану запасів, враховуючи оптимальне співвідношення між інвестиціями в запаси та рівнем обслуговування споживачів. Об'єкт дослідження – системи контролю стану запасів. Мета роботи – аналіз і загальна характеристика моделей та методів управління запасами. Визначені групи витрат, пов'язані зі створенням і утриманням запасів. Наводяться чинники, які впливають на вибір системи управління запасами і параметри, на які необхідно впливати при здійсненні управління запасами. Встановлені на основі математичних методів основні показники, які підвищують ефективність управління запасами. Приводиться методологія розрахунку цих основних параметрів систем управління запасами на основі методів лінійної алгебри та математичного аналізу й здійснене порівняння різних типових систем (зокрема, із фіксованим обсягом замовлення та із фіксованим інтервалом часу між замовленнями та інших).*

*Результати статті можуть бути використані для розробки та запровадження систем управління запасами матеріальних ресурсів будь-яких суб'єктів господарської діяльності.*

*Ключові слова: вдосконалення; методи аналізу; оцінка ефективності; управління запасами; товари; склади; математичне забезпечення.*

### **Постановка проблеми.**

Управління запасами являє собою завдання, загальну для підприємств і фірм будь-якого сектору системи господарювання. Запаси потрібно створювати в промисловості, роздрібній торгівлі і т.д. При управлінні запасами будь-якої організації, незалежно від складності системи постачання, доводиться

відповідати на запитання, скільки замовляти й коли замовляти. Вибір системи управління запасами залежить від наступних обставин: 1) якщо витрати на управління запасами незначні, слід застосовувати систему з певним рівнем запасів; 2) більш краща система з постійним рівнем замовлення, якщо витрати на управління запасами незначні; 3) якщо постачальник застосовує обмеження на найменший розмір партії, бажано застосовувати систему з певним розміром замовлення, тому що легше один раз збалансувати певний розмір партії, ніж постійно підлагоджувати його змінне замовлення. 4) більш кращою є система з постійним рівнем запасів, якщо обмеження пов'язані з вантажопідйомністю транспортних засобів; 5) якщо поставка товарів відбувається у встановлений термін, більш краща система з постійним рівнем запасів; 6) якщо потрібно швидко реагувати на зміну збуту, часто вибирається система з постійним рівнем і система із двома рівнями.

Вирішення узагальненого завдання управління запасами визначається наступним: 1) у випадку періодичного контролю стану запасу слід забезпечувати поставку нової кількості ресурсів в обсязі розміру замовлення через рівні інтервали часу; 2) у випадку безперервного контролю стану запасу необхідно розміщати нове замовлення в розмірі обсягу запасу, коли його рівень досягає точки замовлення. Розмір і точка замовлення звичайно визначаються з умов мінімізації сумарних витрат системи управління запасами, які можна виразити у вигляді функції цих двох змінних. Сумарні витрати системи управління запасами виражаються у вигляді функції їх основних компонентів у такий спосіб:

Сумарні витрати системи управління = Витрати на придбання + Витрати на оформлення замовлення + Витрати на зберігання замовлення + Витрати від дефіциту. Остання складова призводить до витрат, що обумовлені відсутністю запасу необхідної продукції, які пов'язані з погіршенням репутації постачальника у споживача й з потенційними втратами прибутку.

Оптимальний рівень запасу відповідає мінімуму сумарних витрат. Слід відзначити, що модель управління запасами не обов'язково повинна включати всі чотири види витрат, тому що деякі з них можуть бути незначними, а іноді облік усіх видів витрат надмірно ускладнює функцію сумарних витрат. На практиці будь-яку компоненту витрат можна не враховувати за умови, якщо вона не становить істотну частину загальних витрат. Цей фактор необхідно мати на увазі при вивченні різних моделей управління запасами (зокрема, на складі підприємства).

Вихідний потік (виробничий попит, попит у торгівлі) є, як правило, заданим. Тому, об'єктом управління в теорії запасів є параметри вхідного потоку (його інтенсивність – розмір замовлення й інтервал між поставками).

Рівень запасу служить лише у якості контрольованого параметра. Регулювати рівень запасу можна 3 основними способами: 1) зміною розміру замовлення (партії поставки); 2) зміною періоду замовлення (інтервал поставок); 3) одночасною зміною розміру замовлення й інтервалу між поставками. Залежно від використання одного із цих підходів виділяють 4 принципові системи (моделі) регулювання: 1) з фіксованим обсягом замовлення; 2) з фіксованою періодичністю замовлення; 3) із визначеною періодичністю поповнення запасів до постійного рівня; 4) «мінімум-максимум».

Параметри вище зазначених систем управління запасами визначені й відомі алгоритми їх оптимізації, котрі дають змогу здійснити їх порівняння, і зробити висновок, що основними системами управління запасами є: 1) з фіксованим розміром (обсягом) замовлення; 2) з фіксованим інтервалом часу між замовленнями; інші системи – із встановленою періодичністю поповнення запасів до постійного рівня та «максимум-мінімум» є поєднанням двох основних. Але саме, дворівнева система регулювання запасів «максимум-мінімум» знаходить більш широке розповсюдження в управлінні запасами.

Крім того, порівняльний аналіз основних систем управління запасами на складах підприємств дозволяє стверджувати, що у всіх них наявні взаємні недоліки і переваги. Наприклад, необхідність постійного обліку запасу в системі з фіксованим розміром замовлення можна розглядати як основний її недолік. І навпаки, відсутність постійного контролю над поточним запасом у системі з фіксованим інтервалом часу є її основною перевагою перед першою системою. Наслідком недоліку системи з фіксованим інтервалом часу між замовленнями є те, що в системі з фіксованим розміром замовлення максимально бажаний запас завжди має менший розмір, ніж в першій системі. Це приводить до економії на витратах по змісту запасів на складі за рахунок скорочення площ, займаних запасами, що становить перевагу системи з фіксованим розміром замовлення перед системою з фіксованим інтервалом часу між замовленнями.

У сучасних ринкових умовах метою господарської діяльності різноманітних підприємств є отримання максимального прибутку, який безпосередньо залежить від попиту і вимог споживачів. Задоволення потреб споживачів у певній продукції або товарі є визначальними для стратегічного планування діяльності підприємства, одним із напрямів такої діяльності виступає управління запасами. При цьому у сфері управління запасами необхідно враховувати і оптимально поєднувати: 1) маркетингові дослідження ринків і попиту споживачів; 2) запроваджувати сучасні логістичні методи управління запасами; 3) забезпечувати ефективну взаємодію всіх підрозділів підприємства (відділи збуту, постачання і т.д.). А тому, управління запасами є

комплексною проблемою. Ефективне ж управління запасами дозволяє організації задовольняти або перевищувати очікування споживачів, створюючи такі запаси кожного товару, які максимізують чистий прибуток.

Слід також зазначити, що, на думку авторів даного дослідження, до сих пір не використані у повній мірі математичні методи й моделі, які можуть суттєво покращити управління запасами на складі підприємства, підвищити його ефективність, і, насамперед, точність визначення ключових параметрів, які визначають стратегію керування у кожній із зазначених систем управління запасами. Саме вирішенню цієї проблеми (у певній мірі) й присвячена дана робота.

#### **Аналіз публікацій по темі дослідження.**

Аналіз літературних джерел [1-10] й досвіду роботи підприємств, свідчить, що методичні питання, пов'язані з ефективним управлінням матеріальними ресурсами розроблені явно недостатньо. Одним з напрямків розв'язання завдань щодо ефективного управління матеріальними ресурсами є аналіз, запровадження і поєднання декількох систем управління запасами, застосування аналітичних методів (математичного забезпечення), які б дозволяли обчислювати основні параметри, що характеризують процеси управління запасами на складах підприємств.

Проблематику управління запасами розглядають такі відомі вчені, як: Гаджинський А.М., Анікін Б.О., Неруш Ю.М., Міротін Л.Б., Стерлігова А.М. та ін.; управління запасами на підприємстві дедалі більше привертають увагу вчених і практиків, зокрема, Бутинця Ф.Ф., Беляєва Ю.А., Рубальського Г.Б., Гризанова Ю.П., Басенка О.В., Рижикова Ю.І., Гуляєвої Н.М, Сьомка О.В.

Отже, слід вважати, що проблема планування та запровадження ефективних систем управління запасами є актуальною.

На думку авторів даного дослідження, методологія визначення основних параметрів, які характеризують системи управління запасами підприємств на складах, далека від свого завершення і тому вимагає подальшого узагальнення й вдосконалення.

**Мета роботи** полягає у обґрунтуванні методики визначення основних параметрів систем управління запасами для різних існуючих практичних моделей, що дозволяє здійснювати узагальнений порівняльний аналіз їх ефективності та встановлювати доцільність використання у практичних ситуаціях.

#### **Виклад основного змісту дослідження.**

Відомо, що *система управління запасами* – це сукупність критеріїв та процедур щодо визначення моменту часу й обсягу закупівлі матеріальних ресурсів для поповнення запасів. В залежності від частоти споживання запасів у

виробництві, відстані доставки запасів, витрат на формування замовлення, можливостей зберігання запасів, можливих втрат від дефіциту запасу, на підприємствах застосовуються такі системи управління запасами:

- 1) система управління запасами з фіксованим розміром замовлення;
- 2) система управління запасами з фіксованою періодичністю замовлення;
- 3) система з встановленою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня;
- 4) система «мінімум – максимум».

Основними розрахунковими параметрами даних систем управління запасами є:

1) *гарантійний (страховий) запас* – це той рівень запасу на складі, який забезпечує потребу в продукції (ресурсах або товарах) на час передбачуваної затримки постачання. В процесі споживання запасів зі складу гарантійний запас має бути недоторканим;

2) *граничний рівень запасу* – це той обсяг запасу, в результаті досягнення якого здійснюється наступне замовлення. Граничний рівень запасів називається *точкою замовлення*. В разі зниження поточного рівня запасу до граничного рівня відбувається оформлення замовлення на поставку запасів;

3) *максимально бажаний запас* – це такий обсяг запасів, який визначається, виходячи із площі складу та відповідає критерію мінімуму сукупних витрат.

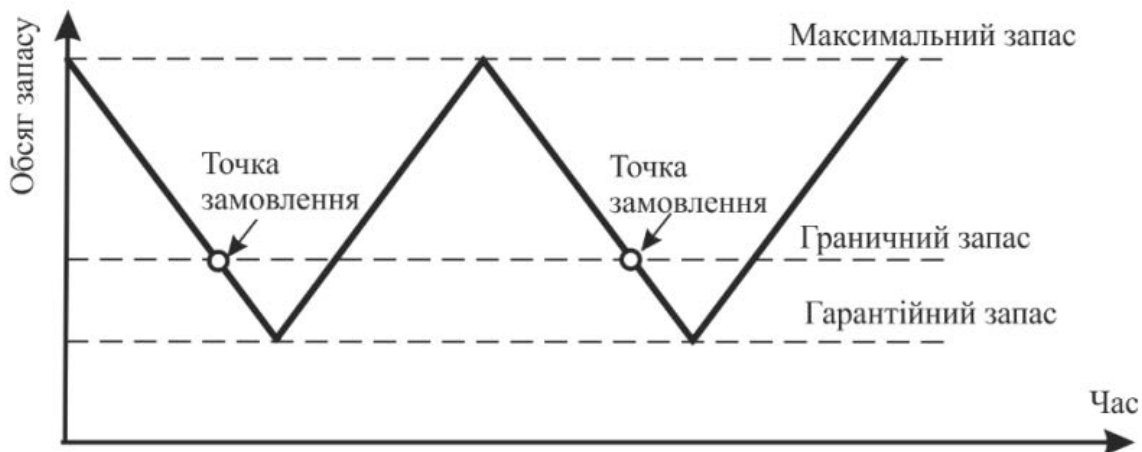


Рис. 1. Рівні запасів в системі управління запасами

### 1. Система управління запасами з фіксованою величиною замовлення

У даній системі розмір замовлення на поповнення запасу є постійною величиною. Чергове замовлення на постачання ресурсу здійснюється за умови зменшення наявного на складах запасу до встановленого мінімального граничного рівня, який називають «точкою замовлення». У процесі функціонування даної системи інтервали постачання можуть бути різними

залежно від інтенсивності витрат (споживання) ресурсу у логістичній системі.

Основні положення функціонування системи управління запасами з фіксованою величиною замовлення полягають у наступному:

1) будь-яке замовлення виконується до рівня не вище максимального. В процесі діяльності відбувається зменшення рівня запасів у відповідності до інтенсивності його споживання; 2) на складі здійснюється постійний контроль за рівнем використання запасів шляхом відстежування розміру запасу і порівняння його з граничним рівнем запасу; 3) у випадку, якщо поточний рівень запасу дорівнює або менше граничного рівня, робиться замовлення на закупівлю відповідних матеріалів. Розмір замовлення встановлюється на рівні оптимального розміру замовлення; 4) у випадку затримки поставки споживається гарантійний запас матеріального ресурсу; 5) розмір запасу в процесі виконання замовлення збільшується на величину розміру замовлення. Рівень поточного запасу в момент виконання замовлення може бути на рівні максимального або менше нього.

Параметрами системи з фіксованим розміром замовлення є розраховані значення видів запасів.

*Максимальний бажаний запас (МБЗ)* розраховується як сума гарантійного (*ГЗ*) та оптимального рівня запасу:

$$МБЗ = ГЗ + q_{opt} \cdot \quad (1)$$

Оптимальний розмір запасу розраховується за формулою Уілсона:

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_{зам} \cdot N}{\frac{Ц \cdot C_{зан}}{100}}} \cdot \quad (2)$$

У (2) введені наступні позначення:  $q_{opt}$  – оптимальний розмір запасу, грн;  $N$  – щорічне споживання ресурсу, грн;  $C_{зам}$  – витрати на виконання одного замовлення, грн;  $C_{зан}$  – витрати на зберігання товарно-матеріальних запасів, частка від річної вартості запасу;  $Ц$  – ціна одиниці ресурсу, грн.

*Гарантійний запас* на складі розраховується як добуток денного споживання ресурсу ( $C_d$ ) та часу затримки поставки ( $T_{затр}$ ):

$$ГЗ = C_d \cdot T_{затр} \cdot \quad (3)$$



Граничний рівень запасу на складі розраховується як сума гарантійного запасу ( $ГЗ$ ) і очікуваного споживання ресурсу на складі за час виконання замовлення ( $ОС$ ):

$$ГР = ГЗ + ОС. \quad (4)$$

Очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення ( $ОС$ ) розраховується як добуток денного споживання ресурсу і часу виконання замовлення ( $Т_{вз}$ ):

$$ОС = C_D \cdot T_{вз}. \quad (5)$$

Денне споживання ресурсу розраховується як відношення річного обороту ресурсу до кількості робочих днів. На основі розрахованих параметрів графічна схема функціонування системи з фіксованим розміром постачання виглядатиме наступним чином (Рис.2).

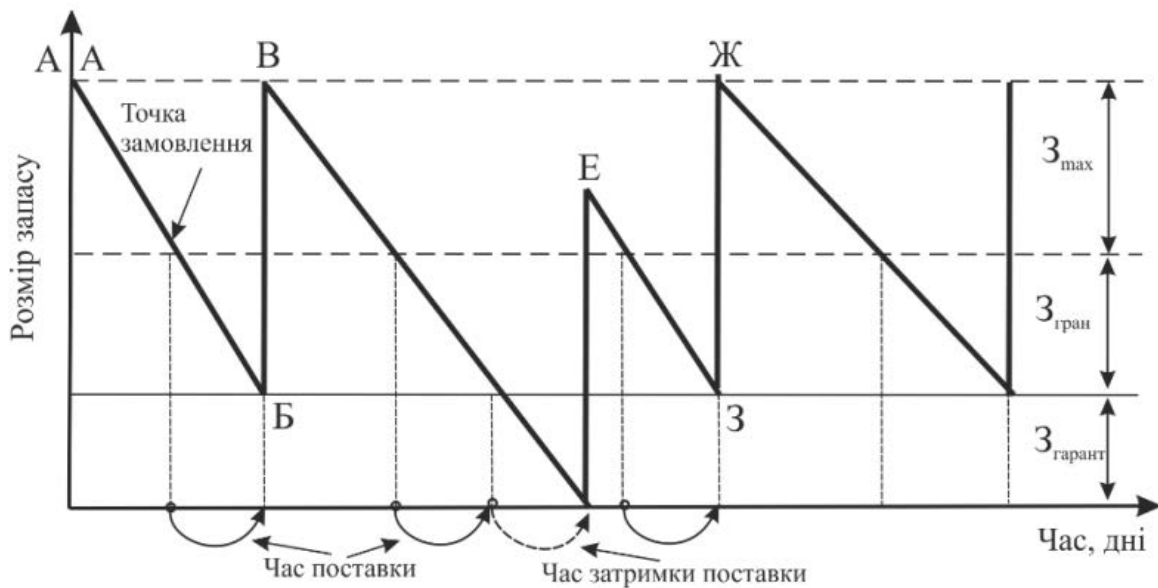


Рис. 2. Рух запасів у системі управління запасами з фіксованим розміром замовлення, де  $БВ=ДЕ=ЗЖ$

Замовлення здійснюється в момент досягнення запасами граничного рівня. Тоді обсяг замовлення визначається на рівні оптимального розміру замовлення і відповідає різниці між граничним та максимальним рівнем замовлення.

Оскільки в даній системі управління запасами інтервал поставки не є фіксованою величиною, можливий ризик зниження рівня запасу нижче гарантійного рівня. Така ситуація характеризується як дефіцит запасів і небезпечна з огляду на можливі ризики затримки поставки. Коли рівень запасів

нижче гарантійного обсяг замовлення все рівно залишається на рівні оптимального розміру, а не доповнюється до максимального рівня.

Враховуючи, що рівень запасів відраховується від осі абсцис графіка, поданого на рис. 2, визначимо тривалість поставки та можливої її затримки, знаючи точки замовлення на кожній ділянці графіка, а саме: АБВ, ВДЕ, ЕЗЖ, Ж і далі.

**Перша ділянка (АБВ).** Точка замовлення ( $t_{замовл.1}$ ) на цій ділянці руху запасів, як і на всіх подальших ділянках, відома маркетологу, який відслідковує попит на ринку на товари, що зберігаються на складі. Тоді тривалість поставки на цій ділянці можна визначити зі співвідношення:

$$t_{n1} = \frac{(Z_{гран.} - Z_{гарант.}) \cdot t_{замовл.1}}{(Z_{мах.} - Z_{гран.})}. \quad (6)$$

**Друга ділянка (ВДЕ).** Точка замовлення ( $t_{замовл.2}$ ) на цій ділянці руху запасів разом із попередніми даними, встановленими вище, визначає термін поставки на склад товарів ( $t_{n2}$ ) за наступним співвідношенням:

$$t_{n2} = \frac{(Z_{гран.} - Z_{гарант.})}{(Z_{мах.} - Z_{гран.})} \cdot \{t_{замовл.2} - t_{замовл.1} - t_{n1}\} \quad (7)$$

На цій ділянці наявна затримка поставки товарів на склад. Термін вказаної затримки ( $t_{затр.пост.}$ ) можна знайти зі співвідношення:

$$t_{затр.пост.} = \frac{Z_{гарант.}}{(Z_{гран.} - Z_{гарант.})} \cdot t_{n2}. \quad (8)$$

**Третя ділянка (ЕЗЖ).** Точка замовлення ( $t_{замовл.3}$ ) на цій ділянці руху запасів на складі спільно зі знайденими вище параметрами руху, визначає термін поставки на склад товарів ( $t_{n3}$ ) за наступним співвідношенням:

$$t_{n3} = \frac{(Z_{гран.} - Z_{гарант.})}{(Z_{мах.} - Z_{гарант.} - Z_{гран.})} \cdot (t_{замовл.3} - t_{замовл.2} - t_{n2} - t_{затр.пост.}) \quad (9)$$

**Четверта ділянка (Ж і далі...).** Точка замовлення ( $t_{замовл.4}$ ) на цій ділянці руху запасів на складі спільно зі знайденими вище параметрами руху, визначає термін поставки на склад товарів ( $t_{n4}$ ) за наступним співвідношенням:



$$t_{n4} = \frac{(Z_{гран.} - Z_{гарант.})}{(Z_{мах.} - Z_{гарант.} - Z_{гран.})} \cdot (t_{замовл.4} - t_{замовл.3} - t_{n3}). \quad (10)$$

Якщо у подальшому при постачанні на склад даних товарів не виникають затримки у постачанні, тоді для  $t_{nj}$ ,  $j \geq 5$ ,  $j \in N$ , маємо:

$$t_{nj} = \frac{(Z_{гран.} - Z_{гарант.})}{(Z_{мах.} - Z_{гарант.} - Z_{гран.})} \cdot (t_{замовл.,j} - t_{замовл.,j-1} - t_{n,j-1}). \quad (11)$$

## 2. Система з фіксованою періодичністю замовлення

У системі з фіксованою періодичністю замовлення роблять у строго визначені моменти часу, наприклад, 1 раз на місяць, 1 раз на тиждень, 1 раз на 14 днів, тощо, а розмір запасу є величиною змінною і регулюється величиною їх залишків на складі.

Для визначення розміру замовлення наприкінці кожного періоду перевіряється рівень запасів і на основі його залишків визначається розмір партії постачання.

Таким чином, у системі з фіксованою періодичністю замовлення змінюється розмір замовлення (обсяг партії), який залежить від рівня витрат (споживання) матеріальних ресурсів у попередньому періоді. Розмір замовлення визначається як різниця між фіксованим максимальним рівнем, до якого поповнюється запас, і фактичним його обсягом у момент замовлення (поточним запасом).

В системі з фіксованою періодичністю замовлення рівень запасів контролюється шляхом інвентаризації або виявлення залишків за допомогою сканерів, що вимагає формування значних обсягів резервних запасів задля уникнення ймовірності дефіциту товару. З цією метою у підприємств, які використовують дану систему формування запасів виникає необхідність у додаткових заходах щодо контролю залишків запасів.

Інтервал часу між замовленнями розраховується на основі оптимального розміру замовлення.

$$\Delta T = K \times q_{opt} / N, \quad (12)$$

де  $\Delta T$  – інтервал часу між замовленнями, днів;  $q_{opt}$  – оптимальний розмір замовлення, шт.;  $K$  – число робочих днів в періоді;  $N$  – річна потреба в матеріальному ресурсі, шт.



Зазначимо, що на рис. 3 не позначені деякі точки ламаної (АБВДЕЗЖІК), а саме: точка Д, точка І, точка К. Крім того, слід вимірювати значення  $Z_{\max}$ ,  $Z_{\text{гран}}$ ,  $Z_{\text{гарант}}$  від найнижчого рівня (від нульового рівня), а не так, як показано на рис. 2, 3 у даній роботі й у підручнику Марченко В.М., Шутюк В.В. «Логістика».- К.: Видавничий дім «Артек», 2018. 312с. Це помилка! (Тут й у подальшому у виведених формулах ця обставина враховується). Визначимо далі основні параметри руху запасів у системі управління запасами з фіксованим розміром замовлення.

Для ділянки АБВ маємо:

$$t_{\text{поставки}}^{(АБВ)} = \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{гарант.}})}{(Z_{\max} - Z_{\text{гран.}})} \cdot t_{\text{замовл.}}^{(АБВ)}. \quad (16)$$

Для ділянки ВДЕ:

$$t_{\text{поставки}}^{(ВДЕ)} = \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{гарант.}}) \cdot (t_{\text{замовл.}}^{(ВДЕ)} - t_{\text{замовл.}}^{(АБВ)} - t_{\text{поставки}}^{(АБВ)})}{(Z_{\max} - Z_{\text{гран.}})}. \quad (17)$$

$$t_{\text{затр.поставки}}^{(ВДЕ)} = \frac{(Z_{\text{гарант.}} \cdot t_{\text{поставки}}^{(ВДЕ)})}{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{гарант.}})}. \quad (18)$$

Для ділянки ЕЗЖ:

$$t_{\text{поставки}}^{(ЕЗЖ)} = \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{гарант.}}) \cdot (t_{\text{замовл.}}^{(ЕЗЖ)} - t_{\text{замовл.}}^{(ВДЕ)} - t_{\text{поставки}}^{(ВДЕ)} - t_{\text{затр.поставки}}^{(ВДЕ)})}{(Z_{\max} - Z_{\text{гарант.}} - Z_{\text{гран.}})}. \quad (19)$$

Для ділянки ЖІК:

$$t_{\text{поставки}}^{(ЖІК)} = t_{\text{замовл.}}^{(ЖІК)} \cdot \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{гарант.}})}{(Z_{\max} - Z_{\text{гран.}})}. \quad (20)$$

Наведені вище формули для кожної з ділянок руху запасів у системі управління запасами мають практичне значення, оскільки за відомих основних параметрів вказаної системи ( $Z_{\max}$ ,  $Z_{\text{гарант.}}$ ,  $Z_{\text{гран.}}$ ) визначають по значенням точки замовлення (у часовому вимірі на кожній ділянці руху) значення терміну поставки запасів та (можливого) терміну затримки їх поставки.

Замовлення здійснюється в момент досягнення запасами граничного рівня. Тоді обсяг замовлення визначається на рівні оптимального розміру

замовлення і відповідає різниці між граничним та максимальним рівнем замовлення.

Оскільки в даній системі управління запасами інтервал поставки не є фіксованою величиною, можливий ризик зниження рівня запасу нижче гарантійного рівня. Така ситуація характеризується як дефіцит запасів і небезпечна з огляду на можливі ризики затримки поставки. Коли рівень запасів нижче гарантійного обсяг замовлення все рівно залишається на рівні оптимального розміру, а не доповнюється до максимального рівня.

### **3. Система з фіксованою періодичністю замовлення**

У системі з фіксованою періодичністю замовлення роблять у строго визначені моменти часу, наприклад, 1 раз на місяць, 1 раз на тиждень, 1 раз на 14 днів, тощо, а розмір запасу є величиною змінною і регулюється величиною їх залишків на складі. Для визначення розміру замовлення наприкінці кожного періоду перевіряється рівень запасів і на основі його залишків визначається розмір партії постачання. Таким чином, у системі з фіксованою періодичністю замовлення змінюється розмір замовлення (обсяг партії), який залежить від рівня витрат (споживання) матеріальних ресурсів у попередньому періоді. Розмір замовлення визначається як різниця між фіксованим максимальним рівнем, до якого поповнюється запас, і фактичним його обсягом у момент замовлення (поточним запасом).

В системі з фіксованою періодичністю замовлення рівень запасів контролюється шляхом інвентаризації або виявлення залишків за допомогою сканерів, що вимагає формування значних обсягів резервних запасів задля уникнення ймовірності дефіциту товару. З цією метою у підприємств, які використовують дану систему формування запасів виникає необхідність у додаткових заходах щодо контролю залишків запасів. Інтервал часу між замовленнями розраховується на основі оптимального розміру замовлення.

$$\Delta T = K \times q_{opt} / N, \quad (21)$$

де  $\Delta T$  – інтервал часу між замовленнями, днів;  $q_{opt}$  – оптимальний розмір замовлення, шт.;  $K$  – число робочих днів в періоді;  $N$  – річна потреба в матеріальному ресурсі, шт.

Основні параметри моделі управління запасами з фіксованою періодичністю часу між замовленнями наведені нижче.

Максимальний бажаний запас розраховується як сума гарантійного (страхового запасу) та добутку інтервалу часу між замовленнями та очікуваного денного споживання:

$$МБЗ = ГЗ + \Delta T \times C_{\Delta}. \quad (22)$$

Гарантійний запас на складі розраховується як добуток денного споживання ресурсу та часу затримки поставки (рівняння (3)).

Очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення розраховується як добуток денного споживання товару і часу виконання замовлення (рівняння (15)).

Денне споживання ресурсу розраховується як відношення річного обороту ресурсу до кількості робочих днів.

Розмір замовлення є величиною змінною і залежить від залишків ресурсу на складі і розраховується за наступною формулою:

$$PЗ = МБЗ - ПЗ + ОС. \quad (23)$$

Тут, у (23) ПЗ – залишки матеріального ресурсу на складі.

На основі розрахованих параметрів графічна інтерпретація системи матиме наступний вигляд.

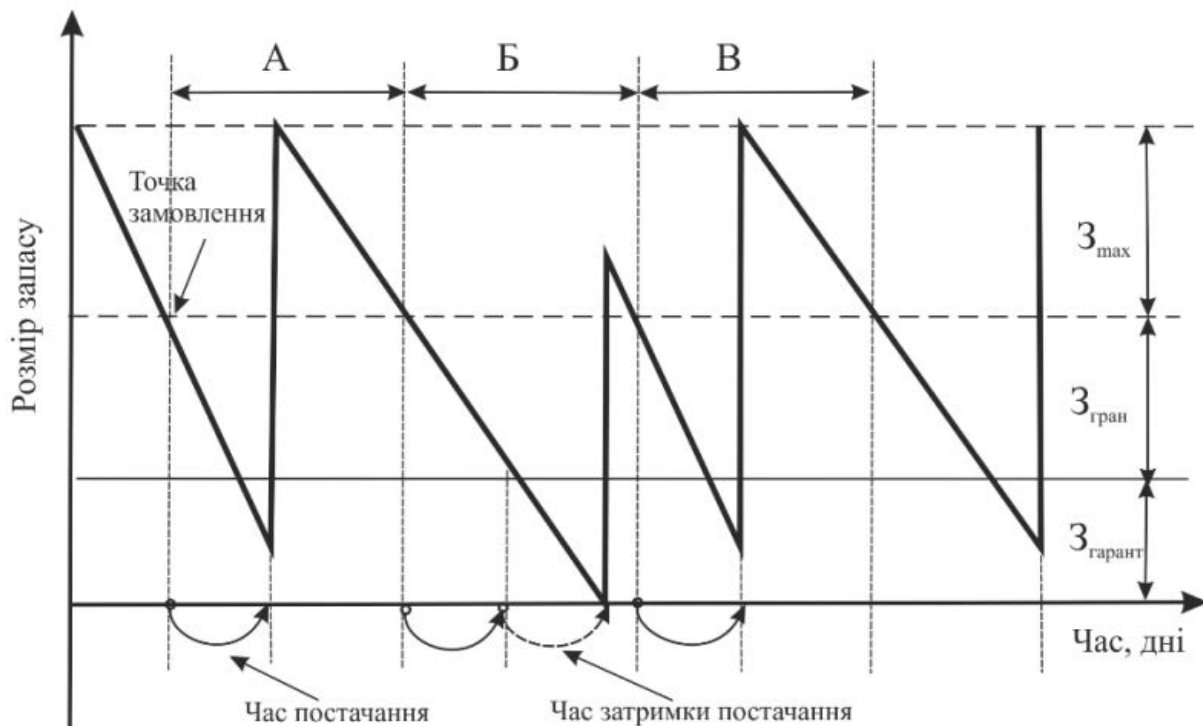


Рис. 4. Рух запасів у системі з фіксованою періодичністю замовлення, де  $A=B=V$

Для опису руху запасів у системі з фіксованою періодичністю замовлення слід спочатку позначити різні ділянки руху наступним чином: а) перша ділянка (у околі  $t_A$ ); б) друга ділянка (у околі  $t_B$ ); в) третя ділянка (у околі  $t_B$ ); г) четверта ділянка (після  $t > t_B$ ). Тоді для всіх ділянок маємо наступні характеристики руху матеріальних запасів на складі.

Для першої ділянки:

$$t_{\text{постачання}}^{(1)} = \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{min}}^{(A)}) \cdot t_{\text{замовл.}}^{(1)}}{(Z_{\text{max}} - Z_{\text{гран.}})}. \quad (24)$$

Для другої ділянки:

$$t_{\text{постачання}}^{(2)} = \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{гарант.}}) \cdot (t_A - t_{\text{постачання}}^{(1)})}{(Z_{\text{max}} - Z_{\text{гран.}})}. \quad (25)$$

$$t_{\text{затр.постачання}}^{(2)} = \frac{Z_{\text{гарант.}} \cdot t_{\text{постачання}}^{(2)}}{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{гарант.}})}. \quad (26)$$

$$\Delta t = t_B - t_{\text{постачання}}^{(2)} - t_{\text{затр.постачання}}^{(2)}. \quad (27)$$

Для третьої ділянки:

$$t_{\text{постачання}}^{(3)} = \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{min}}^{(B)}) \cdot \Delta t}{Z_{\text{max}}^{(B)} - Z_{\text{гран.}}}. \quad (28)$$

Для четвертої ділянки:

$$t_{\text{постачання}}^{(4)} = \frac{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{min}}^{(Г)}) \cdot (t_B - t_{\text{постачання}}^{(3)})}{(Z_{\text{max}} - Z_{\text{гран.}})}. \quad (29)$$

#### **4. Система із заданою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня**

Дана система використовується для формування запасів на ті ресурси, які мають тенденцію до зміни обсягів їх споживання. Для таких ресурсів використання системи з фіксованим розміром замовлення може призвести до затоварювання складу, а використання системи з фіксованою періодичністю замовлення може призвести до дефіциту ресурсу на складі.



Для формування запасів даних ресурсів використовується система управління, в якій контролюється як періодичність замовлення, так і рівень запасів на складі. Контроль періодичності замовлення здійснюється шляхом встановлення фіксованого періоду часу, через які здійснюється замовлення (система з фіксованою періодичністю замовлення).

Контроль рівня запасів здійснюється шляхом встановлення граничного рівня запасів (система з фіксованим розміром замовлення). Попри наявність елементів двох систем, пріоритетною є система управління запасами з фіксованою періодичністю замовлення.

Особливості функціонування системи із заданою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня такі:

1) У випадку, якщо попит на запаси стабільний, відсутні коливання рівня запасів, замовлення робиться через фіксовані проміжки часу. Такі замовлення називаються *основними*.

*Розмір основного замовлення* визначається за формулою, що співпадає з (23):

$$PЗ = МБЗ - ПЗ + ОС. \quad (30)$$

де:  $PЗ$  – розмір замовлення, шт.;  $МБЗ$  – максимальний бажаний запас, шт.;  $ПЗ$  – поточний запас, шт. (залишки на складі);  $ОС$  – очікуване споживання за час постачання, шт.

Як видно з формули, розмір замовлення розраховується таким чином, що за умови точної відповідності фактичного споживання за час постачання очікуваному, постачання поповнює запас на складі до максимального бажаного рівня.

2) Якщо ж попит на запаси зростає, може виникнути дефіцит товару до настання часу його замовлення, тому з метою уникнення такої ситуації в даній системі встановлюється граничний рівень запасу (як в системі з фіксованим розміром замовлення), у разі досягнення якого подається замовлення постачальникові. Такі замовлення, які направляються в разі досягнення порогового рівня запасу називаються *додатковими*.

*Розмір додаткового замовлення* визначається за формулою:

$$PЗ = МБЗ - ГР + ОС, \quad (31)$$

де:  $PЗ$  – розмір замовлення, шт.;  $МБЗ$  – максимальний бажаний запас, шт.;  $ГР$  – граничний рівень запасу, шт.;  $ОС$  – очікуване споживання до часу постачання, шт.

У випадку зниження попиту на товари використовується система з фіксованою періодичністю замовлення, що може призвести до зростання

обсягів запасів на складі (затоварювання складу).

Основні параметри моделі управління запасами із заданою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня:

*Максимальний бажаний запас* розраховується як сума гарантійного (страхового) запасу та добутку інтервалу часу між замовленнями та очікуваного денного споживання.

$$МБЗ = ГЗ + \Delta T \times C_d. \quad (32)$$

*Гарантійний запас на складі* розраховується як добуток денного споживання ресурсу та часу затримки поставки.

*Граничний рівень запасу на складі* розраховується як сума гарантійного запасу ( $ГЗ$ ) і очікуваного споживання ресурсу ( $C_d$ ) за час виконання замовлення ( $T_{вз}$ ).

$$ГР = ГЗ + T_{вз} \times C_d. \quad (33)$$

*Очікуване споживання ресурсу* за час виконання замовлення розраховується як добуток денного споживання товару і часу виконання замовлення.

*Денне споживання ресурсу* розраховується як відношення річного обороту ресурсу до кількості робочих днів.

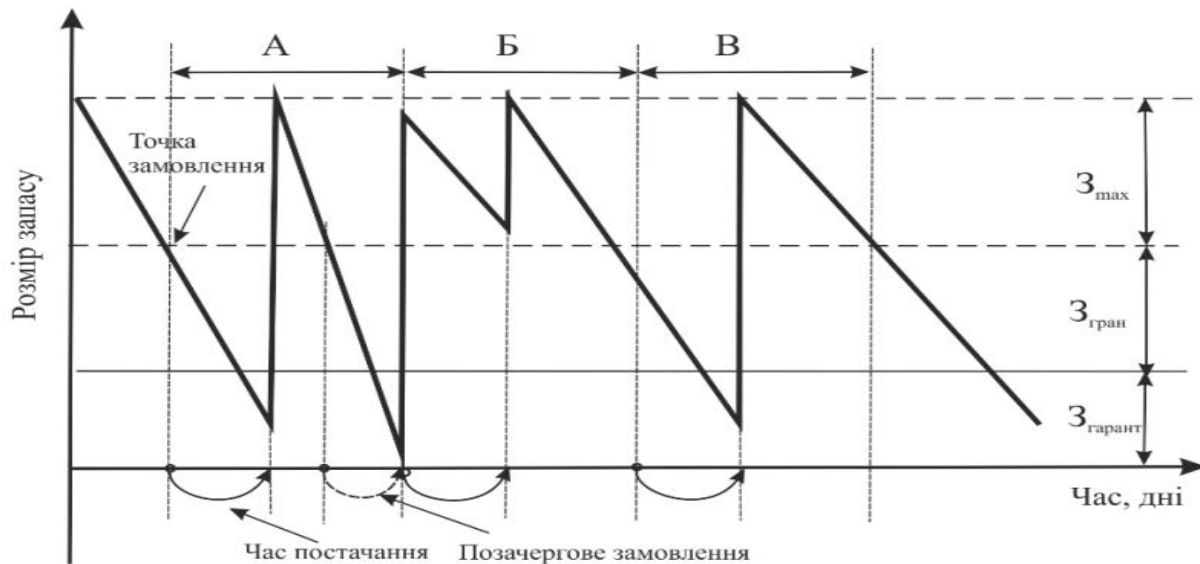


Рис. 5. Рух запасів у системі управління запасами із заданою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня

Для визначення періоду поповнення запасів до встановленого рівня скористаємось рис. 5 і визначимо його як проміжок часу  $t_A$ . Крім того, для цього проміжку часу знайдемо час постачання ( $t_{постачання}$ ) та тривалість у часі виконання позачергового замовлення ( $t_{позачерг.замовл.}$ ). Зрозуміло, що

маркетологу/співробітнику складу відомі величини запасів, які є на складі ( $Z_1 < Z_{\text{гарант}}$ ), що дозволяє визначити  $t_{\text{постачання}}$ , а також точки замовлення для першої ділянки ( $t_{\text{замовл.1}}$ ) й для другої ділянки ( $t_{\text{замовл.2}}$ ). Після нескладних перетворень матимемо:

$$t_{\text{постачання}} = \frac{(Z_1 - Z_{\text{max}}) \cdot t_{\text{замовл.1}}}{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{max}})} - t_{\text{замовл.1}} \quad (34)$$

$$t_{\text{позачерг.замовл.}} = \frac{(0 - Z_{\text{max}}) \cdot t_{\text{замовл.2}}}{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{max}})} - t_{\text{замовл.2}} \quad (35)$$

Для визначення величини  $t_A$  можна отримати наступне співвідношення:

$$t_A = \frac{(Z_1 - Z_{\text{max}}) \cdot t_{\text{замовл.1}}}{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{max}})} + \frac{(0 - Z_{\text{max}}) \cdot t_{\text{замовл.2}}}{(Z_{\text{гран.}} - Z_{\text{max}})} \quad (36)$$

Задля знаходження часових параметрів постачання запасів на склад на інших часових ділянках (для  $t_B$  та  $t_V$ ) можна застосовувати аналогічні міркування, зазначені вище для  $t_A$ .

### **5. Система «мінімум – максимум»**

Для контролю рівня запасів в даній системі вводиться два рівні запасів: максимальний бажаний запас та мінімальний запас, який прирівнюється до граничного рівня запасу. В даній системі замовлення здійснюються за умови, що запаси на складі в цей момент виявилися рівними або меншими встановленого мінімального рівня. Тоді для визначення періоду подачі замовлення вводиться поняття інтервалу часу між замовленнями, що наближає дану систему до системи з фіксованою періодичністю замовлення.

Замовлення надається в момент часу, який відповідає заданому інтервалу замовлення у випадку, якщо розмір запасів сягає нижче граничного рівня.

Для визначення обсягів закупівлі вводиться поняття розміру замовлення, що поєднує дану систему з системою з фіксованим розміром замовлення.

У випадку видачі замовлення його розмір розраховується так, щоб постачання поповнило запаси до максимального рівня.

Основні параметри системи «мінімум–максимум» наведені нижче.

1. *Денне споживання ресурсу (Cd)* розраховується як відношення річного обороту товару до кількості робочих днів.

2. *Очікуване споживання ресурсу* за час виконання замовлення розраховується як добуток денного споживання ресурсу і часу виконання замовлення.

3. *Граничний рівень запасу (ГР)* на складі розраховується як сума гарантійного запасу та запасу на час виконання замовлення.

4. *Максимальний бажаний запас (МБЗ)* на складі розраховується як сума гарантійного запасу та запасу між замовленнями:

$$МБЗ = ГЗ + \Delta T \times Сд. \quad (37)$$

5. *Розмір замовлення (РЗ)* є величиною змінною і залежить від залишків товару на складі й розраховується за наступною формулою:

$$РЗ = МБЗ - ПЗ + ОС. \quad (38)$$

В системі мінімум-максимум час та розмір замовлення визначається на основі двох параметрів: граничного розміру запасів та визначеного інтервалу часу для замовлення (Табл. 1).

Використання системи управління запасами «мінімум–максимум» доцільне у тому випадку, коли запаси витрачаються зі складу нерівномірно і немає потреби у закупівлі їх через фіксовані періоди часу або у фіксованих розмірах через непрогнозованість попиту на них.

Для визначення часу постачання товарів на склад у даній системі управління запасами можна використати спочатку формулу (34) й визначити  $t_{постачання1}$ .

Далі, у момент часу  $t_{постачання1} + t_{замовл1}$  замовлення у даній системі не відновлюється.

Таблиця 1.

**Система «мінімум-максимум»**

Граничний розмір запасу (ГР)	Інтервал часу між замовленнями	Дія
Не досягли ГР	Досягли інтервалу	Замовлення не здійснюється
Досягли ГР	Не досягли	Замовлення не здійснюється
Досягли ГР	Досягли інтервалу	Замовлення здійснюється лише в інтервали часу, незважаючи на те, що ГР досягли раніше

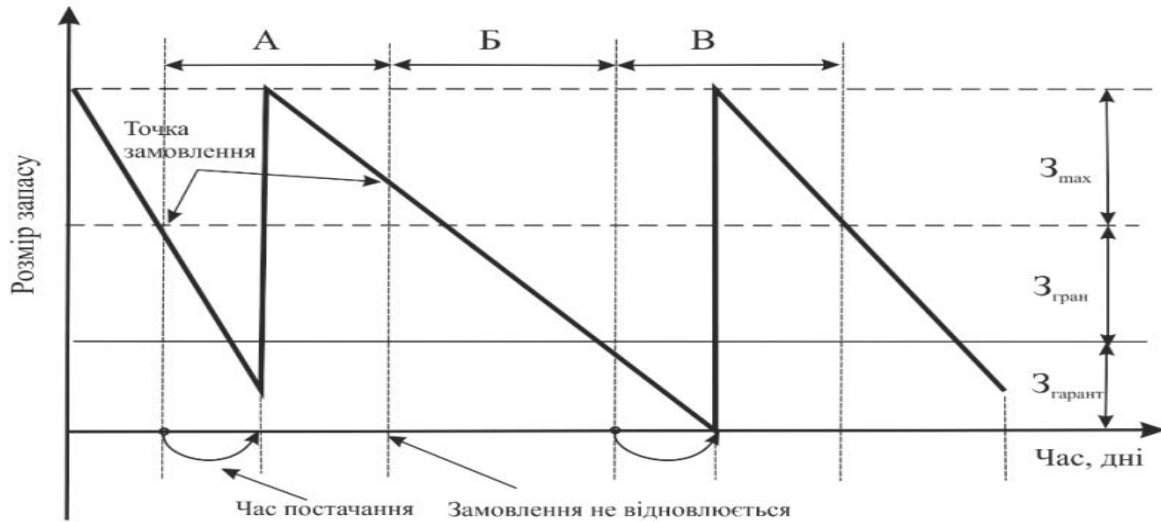


Рис. 6. Рух запасів у системі управління запасами «мінімум-максимум»

Наступний час постачання (за умови заданих наперед значень  $t_A = t_B = t_C = const$ ) визначається з наступного співвідношення:

$$t_{постачання2} = \frac{Z_{max} \cdot (t_A - t_{постачання1})}{(Z_{max} - Z_2)} - (t_A - t_{постачання1}) - t_B, \quad Z_2 > Z_{грант}, \quad (39)$$

причому  $Z_2$  визначає рівень запасів на складі у момент часу  $t_A + t_{замовл.1}$ , коли замовлення не відновлюється.

Розглянуті системи управління запасами відрізняються системами контролю за рівнем запасів на складі, тому їх використання на підприємстві залежить від низки чинників, основними із яких є характер попиту на товари (рівномірний, інтенсивний, нерівномірний, нестабільний), прогнозованість попиту, характер споживання запасів, політика постачання запасів.

Окрім вище описаних базових систем управління запасами, на практиці використовуються і інші оптимальні системи та їх моделі [11-13], зокрема, система «точно в термін», система періодичних закупівель.

## ВИСНОВКИ

1. До економічних інструментів, які дають змогу управляти витратами компанії, належать оптимізаційні моделі управління запасами товарів на складі. Моделі управління запасами розв'язують питання про оптимальний обсяг закупівлі партії товарів, який дасть можливість уникнути нестачі товарів та надмірних затрат на зберігання. Питання оптимального управління товарними залишками найбільш актуальні для торгових компаній. Для торгової компанії важливо вчасно задовольнити попит покупців. Для цього фірма мусить мати певні запаси товарів на складі, які в разі звернення клієнта використовуються для продажу. Відсутність запасів у проміжку між поставками може спричинити нестачу товарів на фірмі, що в свою чергу може спровокувати відтік клієнтури

до конкурентів, які натомість спроможні вчасно задовольнити попит. Однак тримання великих запасів товарів призводить до надмірних складських витрат, а надмірні товарні залишки — це оборотні активи, які не беруть участі в діяльності компанії, «випадаючи» з обороту.

2. Основне завдання оптимізаційних моделей полягає в тому, аби визначити оптимальний обсяг партії, яку закуповує компанія у постачальників, і запасу, якого б вистачило до наступної поставки, та встановити оптимальний період між закупівлями. Отримані в результаті моделювання обсяг партії та час мають відповідати критерію мінімальних складських затрат на утримання товарних залишків.

3. Запропоновані вдосконалені моделі управління запасами підприємств, фірм на їх складах можуть у подальшому використовуватися лише як базові для прогнозування та управління товарними запасами у реальному часі. Вони потребують пом'якшення деяких припущень, а також застосування динамічних моделей, що наблизить їх до реальних умов на кожному конкретному підприємстві.

### Список використаних джерел

1. Управление запасами [Электронный ресурс] / Консалтинговая компания А ДАН ДЗО. – Режим доступа: <http://www.adandzo.com/consulting/82/>.
2. Гаджинский А.М. Логистика: учеб. / А.М. Гаджинский. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во – торговая корпорация «Дашков и Ко», 2004. 408 с.
3. Бауэрсокс Доналд Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. 2-е изд. / [Пер. с англ. Н.Н. Нарышниковой, Б.С. Пинскера]. – М.: ЗАО «ОлимпБизнес», 2008. 640 с.
4. Джеймс Р. Сток. Стратегическое управление логистикой / Джеймс Р. Сток, Дуглас М. Ламберт; пер. с 4-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005. 797 с.
5. Долгов А.П. Логистический менеджмент фирмы: концепция, методы и модели: учеб. пособ. / Долгов А.П., Козлов В.К, Уваров С.А. – СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2005. 384 с.
6. Долгов А.П. Теория запасов и логистический менеджмент: методология системной интеграции и принятия эффективных решений / А. П. Долгов. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2004. 272 с.
7. Аникин Б.А. Логистика: учеб. пособ. [для студ. вузов] / [Б.А. Аникин, В.В. Дыбская, И.Н. Омельченко И.Н. и др.]; под ред. Б.А. Аникина. – [3-е изд. перераб. и доп.]. – М.: ИНФРА-М, 2002. 368 с.
8. Заика Ю.М. Выбор системы управления запасами в организации с учетом бизнеса [Электронный ресурс] / Ю.М. Заика // Проблемы и перспективы управления экономикой и маркетингом в организации. 2009. Специальный выпуск. Режим доступа к журн.: [http://perspectives.utmn.ru/2009\\_9s/2.8.htm](http://perspectives.utmn.ru/2009_9s/2.8.htm).



9. Хаврук В.О. Аналіз систем управління запасами / Володимир Олександрович Хаврук //Вісник НТУ. – К.: НТУ. 2012. Вип. 26. С. 313-324. (укр.)
10. Марченко В.М., Шутюк В.В. Логістика. – К.: Видавничий дім «Артек», 2018. 312 с.
11. Buchan J., Koenigsberg E. Scientific inventory management. - Prentis Hall, 1963. 280 p.
12. Рыжиков Ю.И. Управление запасами. - М.: Наука, 1969. 360 с.
13. Акофф Р.М. Сасиени. Основы исследования операций. - М.: Мир, 1971. 460 с.

Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor **Chovniuk Yurii**,  
Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor **Priymachenko Aleksey**,  
Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor **Zolotar Luydmula**,  
senior lecturer **Mischenko Olena**, Assistant **Cherednichenko Oleksandra**,  
Kyiv National University of Construction and Architecture

### **IMPROVEMENT OF METHODS FOR ANALYZING AND EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INVENTORY MANAGEMENT IN THE WAREHOUSE**

The paper considers the problematics of material resources management - stock on the basis of analyzing the main systems (models) of stock condition control, taking into account the optimal ratio between investment in stocks and the level of customer service. The object of the study is the systems of stock condition control. The purpose of this research lies in the analysis and general characterization of models and methods of inventory control. The groups of expenses associated with the creation and maintenance of inventories are defined. Factors that affect the choice of inventory control system and parameters to be influenced in the implementation of inventory control are provided here. On the basis of mathematical methods the main indicators that improve the efficiency of inventory management are established. The methodology of calculation of these basic parameters of inventory management systems on the basis of methods of linear algebra and mathematical analysis is given and a comparison of different typical systems (in particular, with a fixed order volume and with a fixed time interval between orders and others) is carried out.

The results of this article can be used for the development and implementation of inventory management systems of material resources of any subjects of economic activity.

Keywords: improvement; methods of analysis; efficiency assessment; inventory management; goods; warehouses; mathematical support; inventory management.

## REFERENCES

1. Upravlenye zapasamy [Elektronni resurs] / Konsal'tynhovaia kompaniia A DAN DZO. – Rezhym dostupu: <http://www.adandzo.com/consulting/82/>. {in Russian}
2. Hadzhynskiy A.M. Logistyka: ucheb. / A.M. Hadzhynskiy. – 10-e yzd., pere-rab. y dop. – M.: Yzd-vo – torhovaia korporatsiia «Dashkov y Ko», 2004. 408 s. {in Russian}
3. Bauersoks Donald Dzh. Logistyka: yntehyrovannaia tsep postavok / Bauersoks Donald Dzh., Kloss Deivyd Dzh. 2-e yzd. / [Per. s anhl. N.N. Naryshnykovoi, B.S. Pynskera]. – M.: ZAO «OlympByznes», 2008. 640 s. {in Russian}
4. Dzheims R. Stok. Strategicheskoe upravlenye logistykoj / Dzheims R. Stok, Duhlas M. Lambert; per. s 4-ho anhl. yzd. – M.: YNFRA-M, 2005. 797 s. {in Russian}
5. Dolhov A.P. Logistycheskiy menedzhment fyrmi: kontseptsyia, metody y modely: ucheb. posob. /Dolhov A.P., Kozlov V.K, Uvarov S.A. – SPb.: Yzd. dom «Byznes-prensa», 2005. 384 s. {in Russian}
6. Dolhov A.P. Teoriia zapasov y logistycheskiy menedzhment: metodolohiia systemnoi yntehratsyy y pryniatiia effektivnykh resheniy / A.P. Dolhov. – SPb.: Yzd-vo SPBHUEF, 2004. 272 s. {in Russian}
7. Anykyn B.A. Logistyka: ucheb. posob. [dlia stud. vuzov] / [B.A. Anykyn, V.V. Dybskaia, Y.N. Omelchenko Y.N. y dr.]; pod red. B.A. Anykyna. – [3-e yzd. pererab. y dop.]. – M.: YNFRA-M, 2002. 368 s. {in Russian}
8. Zayka Yu.M. Vybory systemy upravleniia zapasamy v orhanyzatsyy s uchetom byznesa [Elektronny resurs] / Yu.M. Zayka // Problemy y perspektyvy upravleniia ekonomykoi y marketyngom v orhanyzatsyy. 2009. Spetsyalnyi vypusk. Rezhym dostupa k zhurn.: [http://perspectives.utmn.ru/2009\\_9s/2.8.htm](http://perspectives.utmn.ru/2009_9s/2.8.htm). {in Russian}
9. Khavruk V.O. Analiz system upravlinnia zapasamy / Volodymyr Oleksan-drovych Khavruk //Visnyk NTU. – K.: NTU. 2012. Vyp. 26. S. 313-324. {in Ukrainian}
10. Marchenko V.M., Shutiuk V.V. Logistyka. – K.: Vydavnychiy dim «Artek», 2018. 312 s. {in Ukrainian}
11. Buchan J., Koenigsberg E. Scientific inventory management. - Prentis Hall, 1963. 280 p. {in English}
12. Ryzhykov Yu.Y. Upravlenye zapasamy. - M.: Nauka, 1969. 360 s. {in Russian}
13. Akoff R.M. Sasyeny. Osnovy yssledovaniia operatsyi. - M.: Myr, 1971. 460 s. {in Russian}