

## ***ТЕМА 3. МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ***

1. Основні поняття управління запасами.
2. Основна модель управління запасами.
3. Модель економічного розміру партії.
4. Знижка на кількість.
5. Модель виробництва партії продукції.
6. Випадок невиконання замовлення.
7. Випадок виконання замовлення.

Однією із перших кількісних моделей в менеджменті була модель економічного розміру партії, запропонована Ф. Харрісом в 1910 р., яка відноситься до теорії оптимального управління запасами.

За даними річних фінансових звітів американських виробничих і дистрибуторських фірм, близько 20% загальної вартості фірми зосереджено в її товарних запасах, запасах сировини і незавершеного виробництва. При цьому, витрати на складування для типової американської компанії складають 15-30% вартості запасів в рік.

**Запасом** називається будь-який матеріальний ресурс, який зберігається на підприємстві для задоволення майбутніх потреб

Існують **причини**, які стимулюють компанії **створювати запаси**:

а) дискретність поставок при безперервному споживанні;

б) втрачений прибуток у випадку відсутності запасу;

в) випадкові коливання:

- попиту за період між поставками;

- об'єму поставок;

- тривалості інтервалу між поставками;

г) очікувані зміни кон'юктури:

- сезонність попиту;

- сезонність виробництва.

В системі управління запасами мають місце такі **види витрат**:

- витрати, пов'язані з утриманням запасів;
- витрати, пов'язані із організацією виробництва продукції, яка утворюватиме запас;
- витрати, пов'язані із оформленням та доставкою усіх замовлень на поставки окремих партій продукції;
- витрати, пов'язані із дефіцитом продукції.

**Задача управління запасами** полягає у визначенні моментів часу і обсягів замовлень на поповнення запасів і розподілі надісланих замовлень по ієрархії ланок системи постачання.

Сукупність правил, за якими приймаються такі рішення, називається **стратегією управління запасами**. Кожна стратегія управління запасами пов'язана з відповідними фінансовими витратами.

**Оптимальною** називається така стратегія, при якій мінімізуються ці витрати.

**Основними елементами** задачі управління запасами є:

- ✓ система постачання;
- ✓ попит на предмети постачання;
- ✓ можливість поповнення запасів;
- ✓ функції витрат;
- ✓ обмеження, які впливають на обсяги запасів;
- ✓ прийнята стратегія управління запасами, тобто зазначена лінія поведінки постачальника, що визначає його дії у моделі управління запасами.

*Система постачання* — це сукупність складів, між якими в процесі операцій по постачанню здійснюється переміщення матеріалів, що зберігаються в запасі.

*Функція витрат* складається і мінімізується для всієї системи постачання, а не для її окремого підрозділу.

## Системи постачання класифікують за конкретними ознаками:

за фактором  
знаходження (часу):

- статичні;
- динамічні;

за кількістю видів  
ресурсів або запасів:

- однопродуктові;
- багатопродуктові;

за наявністю  
обмежень:

- без обмежень;
- з обмеженнями (ємність складу,  
обмеженість грошових коштів та ін.)

за типом попиту:

- детерміновані;
- стохастичні;

за способом  
поповнення запасів:

- з миттєвим поповненням;
- з затримкою;

за функцією витрат:

- пропорційні (лінійна залежність);
- не пропорційні (нелінійна).



*Поточним* називається запас на момент розгляду.

*Страховий* — запас, зменшення рівня якого може викликати небажані процеси на виробництві, що знижують ефективність його функціонування.

*Нормативним* називається запас, який дозволяє забезпечити ритмічність виробництва на конкретному наперед заданому інтервалі .

Важливим поняттям в теорії управління запасами є *розмір партії* замовлення на поповнення запасів, при цьому враховуються такі показники: вартість збереження запасів; вартість виконання замовлення на поповнення запасів; інтенсивність споживання продукції, яка зберігається в запасах.

*Вартість зберігання* — єдиний фактор, який стимулює скорочення величини запасів.

В ній враховується:

- ✓ вартість складських приміщень;
- ✓ витрати на персонал і техніку складу;
- ✓ витрати на регламентні роботи при зберіганні продукції;
- ✓ витрати від природного зменшення продукції, що зберігається;
- ✓ втрати від зниження споживчої якості;
- ✓ втрати від «замороження» коштів в запасах.

*Вартість складських приміщень* не залежить від величини створених запасів і включає: плату за основні фонди, амортизаційні відрахування, витрати за опалення і т. ін.

*Оплата персоналу і техніки* складу включає оплату всіх робіт з обслуговування запасів і споживачів, загальні витрати відносяться до одиниці площі, що зайнята даною продукцією.

*Втрати від природного зменшення запасів* оцінюються за експоненціальним законом.

*Втрати від зниження споживчих якостей* приймаються пропорційними вартості одиниці продукції ( $C_0$ ) і зниженню її споживчих якостей як функції часу.

*Втрати від замороження коштів в запасах* визначаються як добуток вартості одиниці запасу на норму ефективності обігових коштів 10—15% на рік.

Отже, в **класичній постановці задач УЗ** критерієм оптимальності є мінімізація сукупних витрат, які складаються з трьох основних частин:

- Витрати, пов'язані із створенням і формуванням запасів.
- Витрати, пов'язані з утриманням або зберіганням запасів.
- Витрати з дефіцитом:
  - ✓ потенційні витрати;
  - ✓ витрати, пов'язані із створенням надлишкових запасів, коли обсяг запасів переважає обсяг споживання;
  - ✓ потенційна упущена вигода, коли обсяг запасів менший за обсяг споживання.

## Основні положення теорії управління запасами:

В теорії управління запасами розглядається проміжок часу 1 рік.

Розглядається модель одиничного складу.

Вважається, що на складі зберігається запас однотипної продукції (однономенклатурний запас).

Попит на цю продукцію може бути постійним або випадковим.

Поповнюватися склад може або періодично (циклічна модель), або при зниженні запасів до деякого рівня (рівнева модель).

## Основні поняття теорії управління запасами:

**Обсяг замовлення** – це кількість продукції, що замовляється.

**Рівень повторного замовлення** – кількість продукції на складі, при якій подається замовлення на нову продукцію.

**Час поставки** може бути або миттєвим, або фіксованим, або випадковим.

**Штраф за дефіцит** – це збитки, пов'язані з відсутністю запасу.

## Основні поняття теорії управління запасами:

**Плата за зберігання** одиниці запасу  $s$ .

**Річний попит** на продукцію  $d$ .

**Вартість доставки партії замовлення  $C_d$**  – це накладні витрати, пов'язані з реалізацією доходу, реалізацією замовлення (витрати на підготовчо-заготівельні операції, які не залежать від обсягу замовлення).

Вся теорія управління запасами будується з метою мінімізації сумарних витрат.

Задача управління запасами полягає у знаходженні оптимальної величини виробничого запасу певного ресурсу, досягнення якої забезпечує найкращі сумарні техніко-економічні показники діяльності підприємства

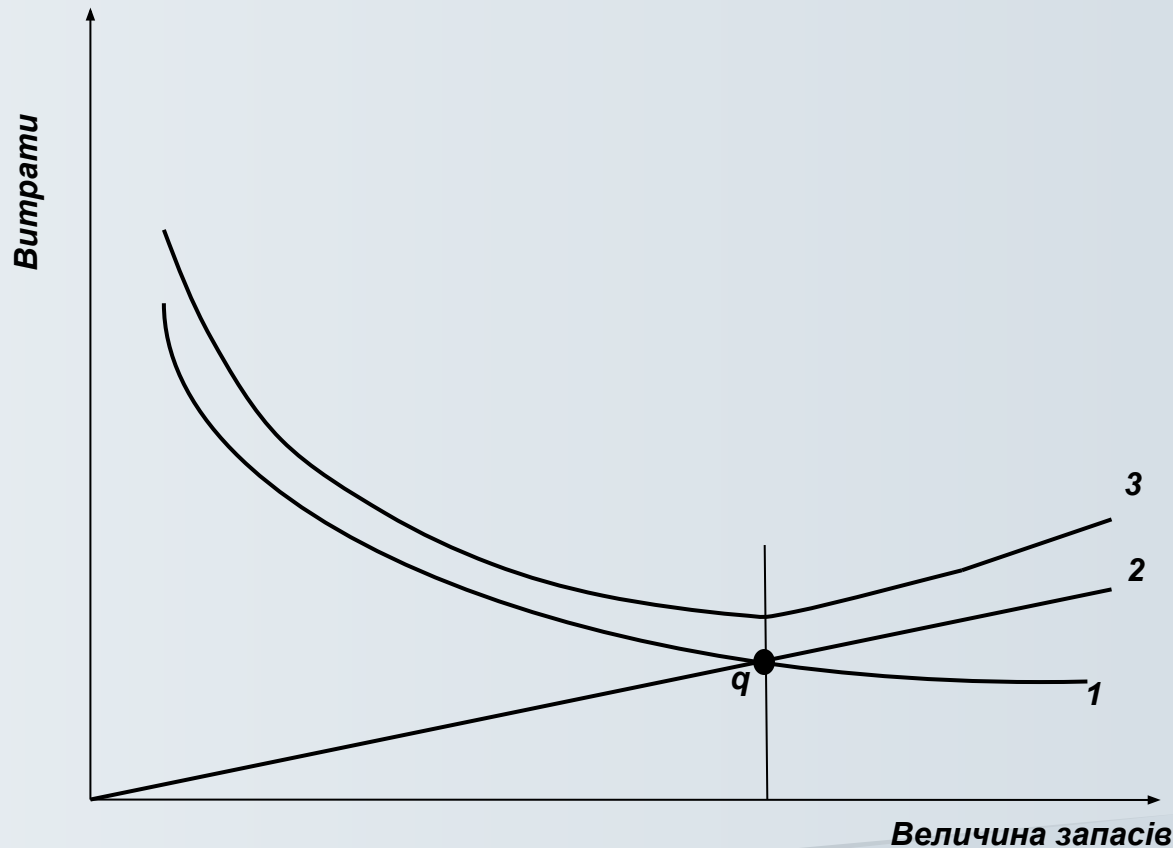


Рис.1. Залежність витрат від величини запасів виробництва.



**Крива 1** відображає ті витрати, що зі збільшенням запасів спочатку скорочуються, а потім починають зростати.

**Точка  $q$**  характеризує оптимальну величину запасів, за якої сумарні витрати, пов'язані з доставкою та зберіганням запасів, виявляються мінімальними.

Усі виробничі запаси на підприємстві зазвичай поділяють на:

- ✓ поточні,
- ✓ страхові,
- ✓ підготовчі,
- ✓ сезонні.

Останні два види запасів не потребують оптимізації. Вони мають нормативний характер і залежать від конкретних умов виробництва.

Задача зводиться до знаходження величини поточного і страхового запасів.

**Поточний запас** призначений для задоволення потреб процесу виробництва у необхідних видах сировини, матеріалів, палива. З цього запасу цехи і дільниці підприємства щоденно беруть ресурси, що ними споживаються.

Величина поточного запасу залежить від розміру партії поставки та добового споживання певного ресурсу, а, отже, від періоду поставки.

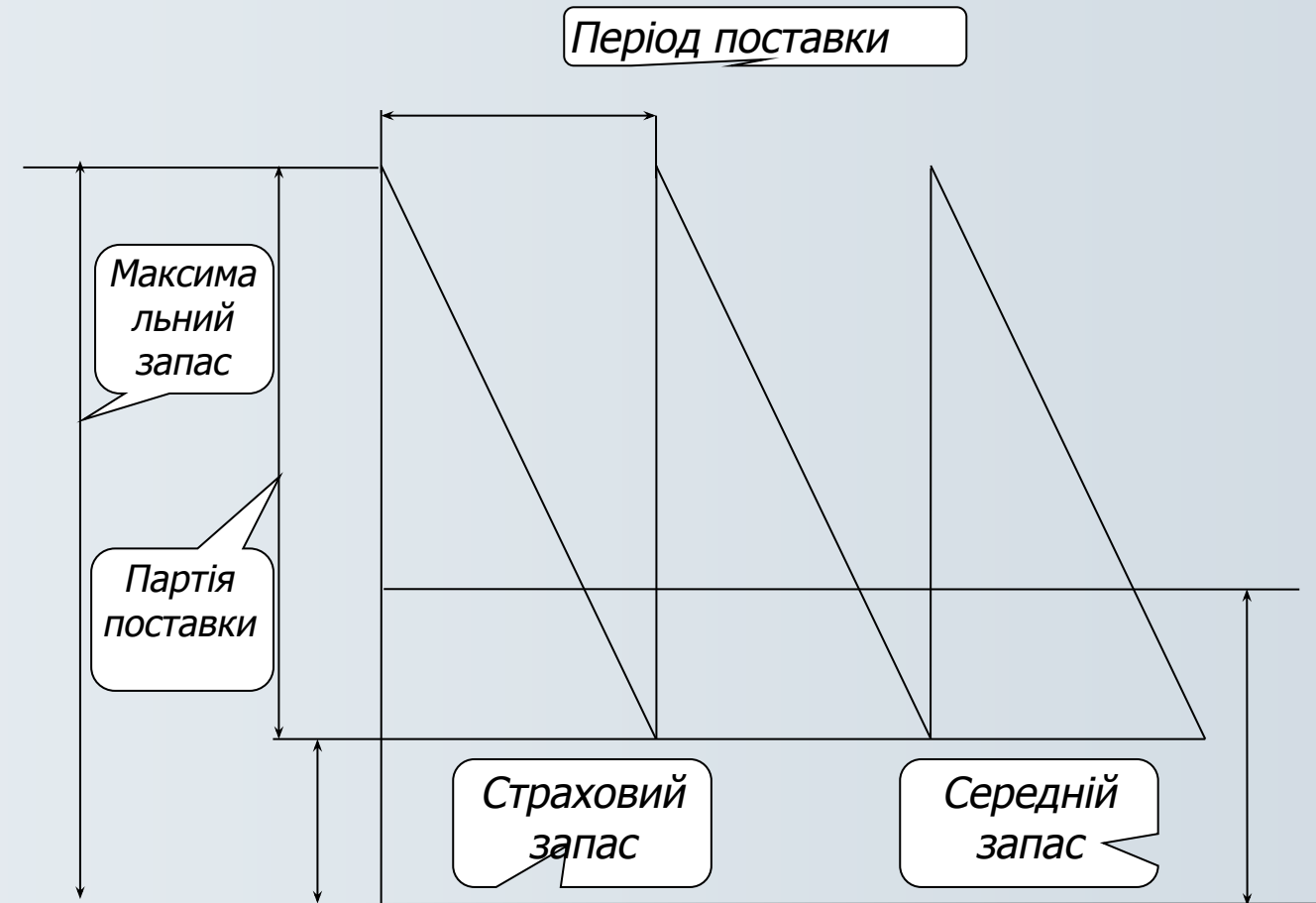


Рис. 2. Схема зміни поточного запасу.

Модель оптимізації **страхового запасу** розробляють на підприємстві для того, щоб убезпечити можливу зупинку виробничого процесу або попередити нераціональні витрати, пов'язані з недотриманням терміну чергової поставки партії конкретного ресурсу.

Якщо встановлений термін буде порушено і чергова партія надійде на підприємство раніше призначеної дати, то цехи та ділянки працюватимуть за рахунок страхового запасу.

### ***Припущення основної моделі:***

- 1) Попит на продукцію є рівномірним і постійним.
- 2) Час поставки постійний.
- 3) Відсутність замовлень недопустима.
- 4) Кожного разу замовляється постійна кількість – оптимальний розмір замовлення.

## **Витрати на управління запасами:**

$L$  = вартість доставки товарів + вартість зберігання

$$L = \frac{C_d d}{q} + \frac{s q}{2} \rightarrow \min$$

де  $q$  – оптимальний розмір замовлення;

$q/2$  – середній обсяг запасу, що зберігається.

$$L = \frac{C_d d}{q} + \frac{sq}{2} \rightarrow \min$$

$$\frac{dL}{dq} = -\frac{C_d d}{q^2} + \frac{s}{2} = 0$$

$$\frac{C_d d}{q^2} = \frac{s}{2}$$

$$q = \sqrt{\frac{2C_d d}{s}}$$

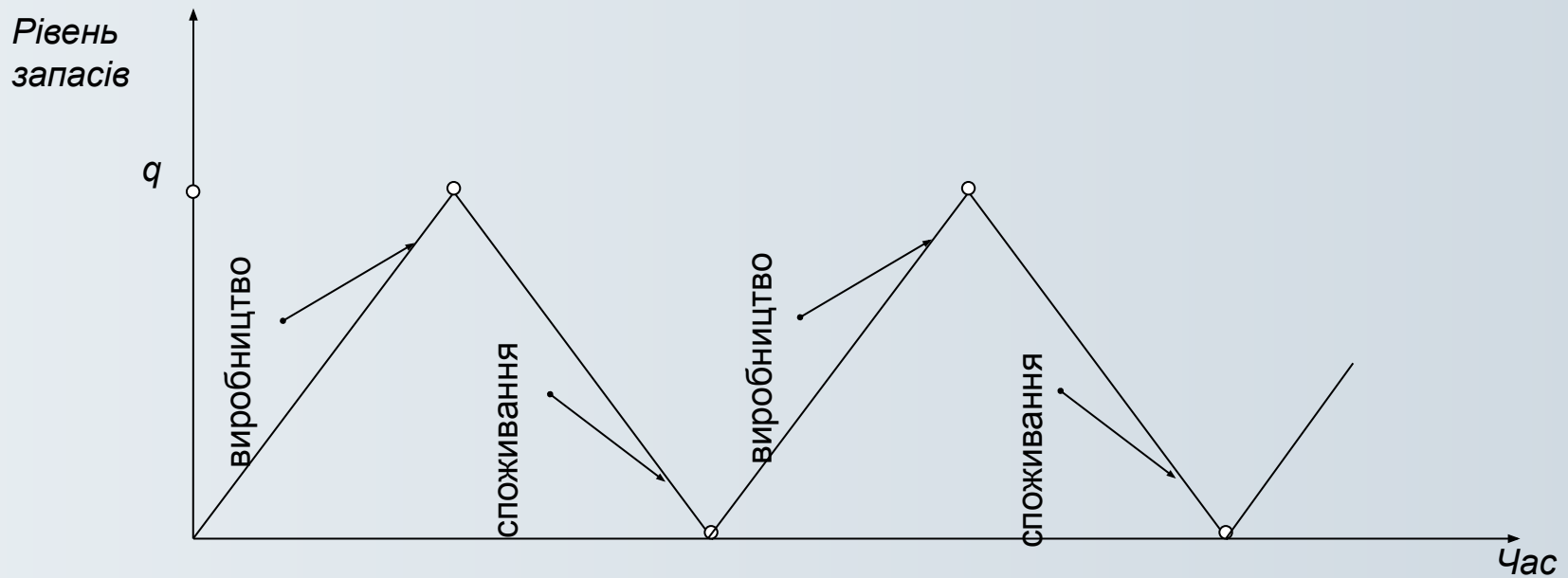


**Приклад 1.** Річний попит  $d=1500$  одиниць, вартість постачання партії продукції  $C_d = 150$  грн./партію, витрати на зберігання одиниці продукції  $s=45$  грн./рік, тривалість постачання 6 днів, 1 рік=300 робочих днів.

Знайти оптимальний розмір замовлення, витати, рівень повторного замовлення.

**Приклад 2.** Визначити, як зміняться витрати в прикладі 1, якщо річний попит  $d=1400$  одиниць, вартість постачання партії продукції  $C_d=160$  грн./партію, витрати на зберігання одиниці продукції  $s=50$  грн./рік.

Технологічний процес може бути організований на основі виробництва партії продукції: чергування процесів виробництва і реалізації виготовленої продукції.



Позначимо через  $C_v$  – вартість організації виробничого циклу (фіксовані витрати виробництва).

$L =$  вартість організації виробничого циклу + вартість зберігання

$$L = \frac{C_v d}{q} + \frac{sq}{2} \rightarrow \min$$

де  $q$  – економічний розмір замовлення.

Шуканий розмір партії становитиме:

$$q = \sqrt{\frac{2C_v d}{s}}$$

**Приклад 3.** Річний попит  $d=14800$  одиниць, вартість організації виробничого циклу  $C_v = 100$  грн./партію, витрати на зберігання одиниці продукції  $s=8$  грн./рік. Знайти економічний розмір замовлення, витрати, рівень повторного замовлення.

Дуже часто, якщо кількість замовленого товару більша, ніж певне число, надається знижка. В цьому випадку знижуються витрати на закупівлю, але збільшуються витрати на зберігання.

Загальні витрати:

$L = \text{вартість закупки} + \text{вартість зберігання}$

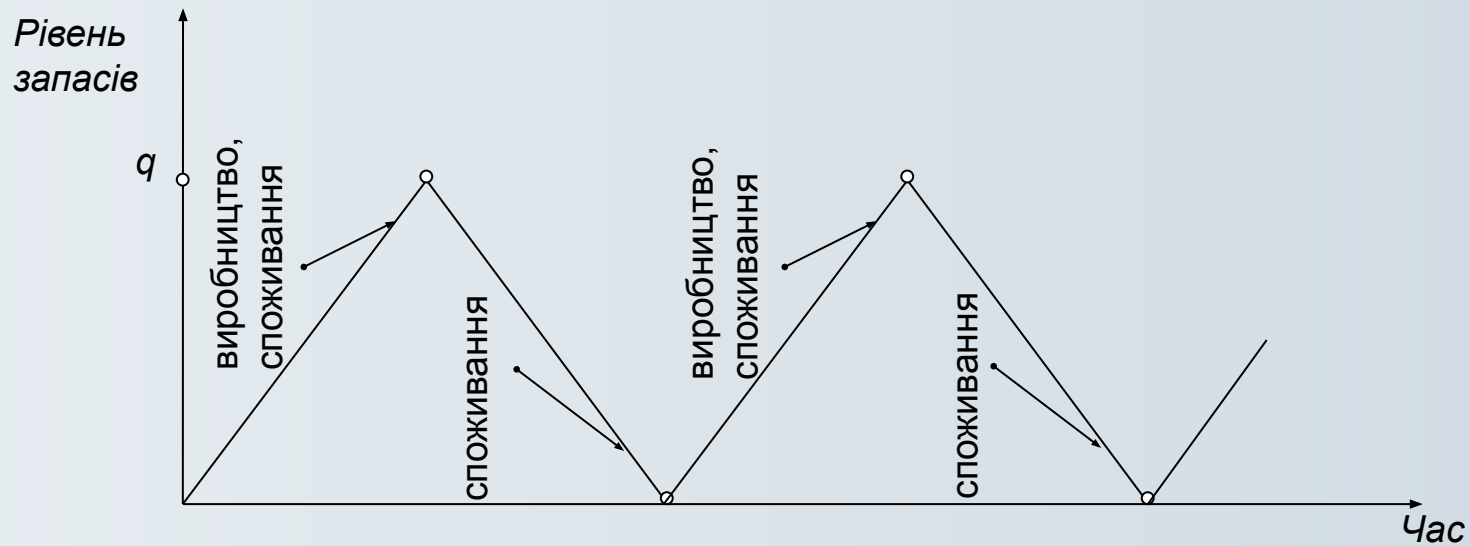
$$L = C_z d + \frac{C_v d}{q} + \frac{sq}{2} \rightarrow \min$$

де  $C_z$  – закупівельна ціна;

Необхідно визначити, чи варто користуватися знижкою.

**Приклад 4.** Річний попит  $d=1000$  одиниць, вартість постачання партії продукції  $C_d = 40$  грн./партію, закупівельна ціна  $C_z=50$  грн./одиницю, річна вартість зберігання одиниці продукції становить 25% її ціни. Можна отримати знижку 3% у постачальників, якщо обсяг замовлення буде не менше 200 одиниць. Чи доцільно використати знижку?

Розглянемо випадок, коли продукція використовується по мірі її виробництва.





$p$  – темп виробництва,  
 $k$  – темп споживання.

Виготовивши  $q$  одиниць продукції, виробництво зупиняють. Оскільки починають використовувати виготовлену продукцію одразу ж, не чекаючи зупинки виробництва, то в момент цієї зупинки на складі буде не  $q$  одиниць, а менше.

$L$  = вартість організації технологічного процесу + вартість зберігання

$$L = \frac{C_v d}{q} + \frac{s(p - k)q}{2p} \rightarrow \min$$

де  $q$  – економічний розмір замовлення.  
Шуканий розмір партії становитиме

$$q = \sqrt{\frac{2C_v d}{s}} \cdot \sqrt{\frac{p}{p - d}}$$

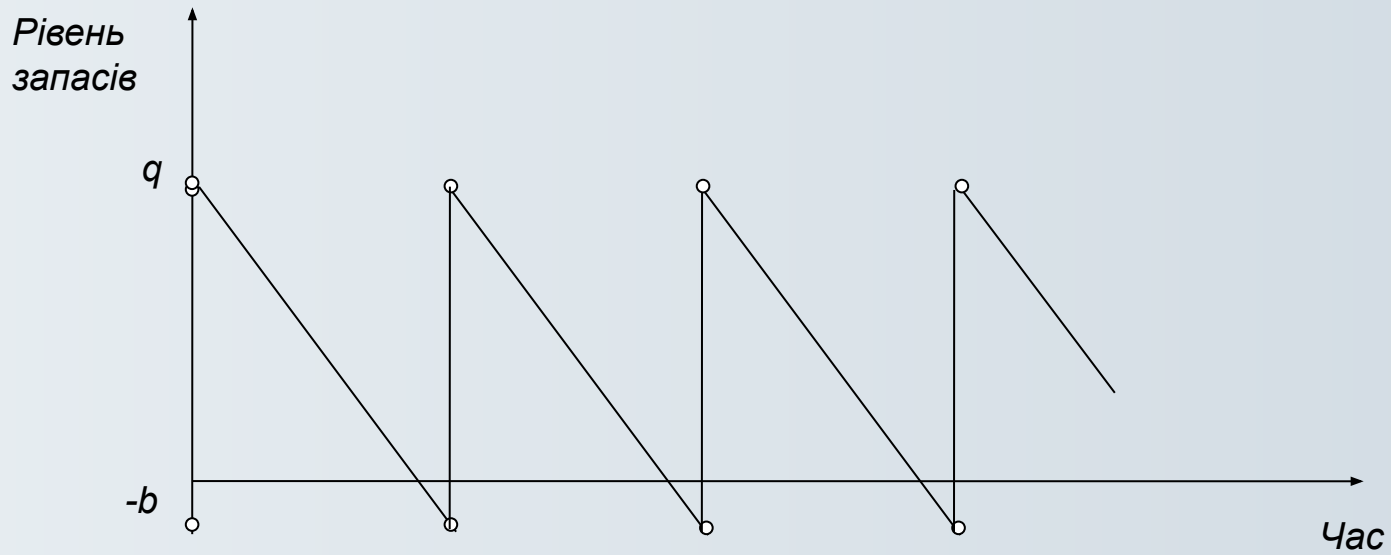
**Приклад 5.** Підприємство випускає електричні ножі. Воно може виробляти в середньому 150 ножів/день. Попит – 40 ножів/день. Річні витрати на зберігання одиниці продукції  $s=8$  грн./нож., вартість організації виробничого циклу  $C_v = 100$  грн. Знайдемо економічний розмір замовлення, витрати, кількість циклів в рік, відстань між циклами.

Нехай  $b$  – максимальний розмір дефіциту (максимально можлива кількість одиниць продукції, яка могла б бути реалізована за час її відсутності в кожному циклі).

При використанні моделей управління запасами витрати, зумовлені дефіцитом, обчислити досить важко.

На графіку періоди дефіциту умовно відображаються нижче осі часу.

– річна вартість відсутності одиниці продукції в запасі (втрата довіри клієнтів, непродана продукція і т.д.).



Нехай  $b$  – максимальний розмір дефіциту (максимально можлива кількість одиниць продукції, яка могла б бути реалізована за час її відсутності в кожному циклі).

При використанні моделей управління запасами витрати, зумовлені дефіцитом, обчислити досить важко.

На графіку періоди дефіциту умовно відображаються нижче осі часу.

– річна вартість відсутності одиниці продукції в запасі (втрата довіри клієнтів, непродана продукція і т.д.).

$L = \text{вартість доставки товарів} + \text{вартість зберігання} + \text{штраф за дефіцит}$

$$L = \frac{C_d d}{q + b} + \frac{s q}{2(q + b)} + \frac{C_b b^2}{2(q + b)} \rightarrow \min$$

де  $q$  – оптимальний розмір замовлення;  
 $b$  – максимальний розмір дефіциту.

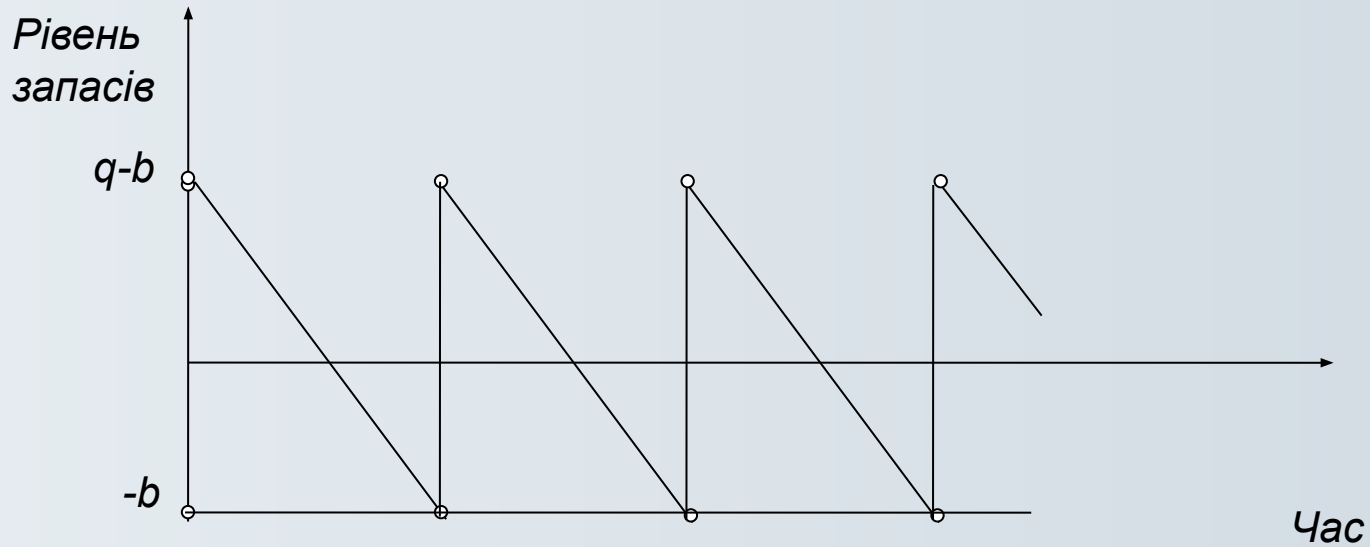
Шуканий розмір партії становитиме:

$$q = \sqrt{\frac{2C_d d}{s}} \cdot \sqrt{\frac{C_b}{s + C_b}} \cdot b = \sqrt{\frac{2C_d d}{C_b}} + \sqrt{\frac{s}{s + C_b}}$$

**Приклад 6.** Річний попит  $d=600$  одиниць, вартість постачання партії продукції  $C_d = 40$  грн./партію, витрати на зберігання одиниці продукції  $s=5$  грн./рік, річна вартість відсутності продукції в запасі = 100 грн./од.

Порівняти дві моделі: основну і з дефіцитом (замовлення не виконуються).

У випадку виконання заявок максимальний рівень запасів буде дорівнювати не  $q$ , а  $(q-b)$ .





$L$  = вартість доставки товарів + вартість зберігання + штраф за дефіцит

$$L = \frac{C_d d}{q} + \frac{s(q-b)^2}{2q} + \frac{C_b b^2}{2q} \rightarrow \min$$

де  $q$  – оптимальний розмір замовлення;

$b$  – максимальний розмір дефіциту.

Шуканий розмір партії становитиме:

$$q = \sqrt{\frac{2C_d d}{s}} \cdot \sqrt{\frac{s + C_b}{C_b}}$$
$$b = \sqrt{\frac{2C_d d}{C_b}} + \sqrt{\frac{s}{s + C_b}}$$

**Приклад 7.** Річний попит  $d=3000$  одиниць, вартість постачання партії продукції  $C_d = 25$  грн./партію, витрати на зберігання одиниці продукції  $s=120$  грн./рік, річна вартість відсутності продукції в запасі = 225 грн./од. Модель з дефіцитом (заявки виконуються).