

**Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
з дисципліни «Логістика транспортно-складських процесів»
зі спеціальності «Автомобільний транспорт»
(освітня програма «Транспортна логістика»)**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
з дисципліни «Логістика транспортно-складських процесів»
зі спеціальності «Автомобільний транспорт»
(освітня програма «Транспортна логістика»)**

ВІННИЦЯ
ВНТУ
2026

Рекомендовано до видання Радою з якості освіти Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 12 від 28.05.2026 р.)

Рецензенти:

О. О. Галушак, кандидат технічних наук, доцент

Т. М. Пілявоз, кандидат економічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Логістика транспортно-складських процесів» зі спеціальності «Автомобільний транспорт» (освітня програма «Транспортна логістика») / уклад.: В. А. Макаров, Т. В. Макарова, С. В. Цимбал. Електрон. текст. дані. Вінниця : ВНТУ, 2026. 67 с.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт призначені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності «Автомобільний транспорт», які навчаються за освітньою програмою «Транспортна логістика». У них наведено стислий теоретичний матеріал і практичні завдання, що відповідають робочій програмі навчальної дисципліни «Логістика транспортно-складських процесів». Матеріал спрямований на поглиблення теоретичних знань та розвиток практичних компетентностей у сфері логістики. Виконання запропонованих завдань сприятиме формуванню системного підходу до організації та управління транспортно-складськими процесами в сучасних умовах господарювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практична робота № 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	5
Практична робота № 2 ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ СКЛАДУ	15
Практична робота № 3 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ВАНТАЖОПОТОКУ	23
Практична робота № 4 РОЗРАХУНОК СКЛАДСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ.....	30
Практична робота № 5 ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ТА КІЛЬКОСТІ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА СКЛАДІ.....	40
Практична робота № 6 ОРГАНІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМИ ПОТОКАМИ НА СКЛАДІ	50
ЛІТЕРАТУРА	59
Додаток А	60
Додаток Б.....	64

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Логістика транспортно-складських процесів» належить до вибірових освітніх компонентів професійної підготовки здобувачів вищої освіти у сфері транспортної логістики. Її вивчення надає здобувачам можливість поглибити знання щодо організації, планування та управління матеріальними потоками під час транспортування, зберігання і переробки вантажів. Особлива увага приділяється узгодженню транспортних і складських операцій як взаємопов'язаних елементів єдиної логістичної системи підприємства.

Актуальність дисципліни зумовлена зростанням ролі логістики у забезпеченні ефективної діяльності різних підприємств [1-6]. Раціональна організація транспортно-складських процесів дозволяє зменшити витрати, підвищити швидкість обслуговування споживачів та забезпечити стабільність постачання [4,7]. Вибір цієї дисципліни сприяє формуванню додаткових фахових компетентностей, необхідних для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у сфері логістичної діяльності.

Метою дисципліни є формування у здобувачів системного розуміння принципів функціонування транспортно-складських систем, методів раціоналізації логістичних процесів і оцінювання ефективності складської діяльності. У процесі навчання здобувачі опановують методи розрахунку логістичних показників, аналізу витрат, планування складських операцій та вибору раціональних способів управління матеріальними потоками на складі.

Методичні матеріали з дисципліни спрямовані на закріплення теоретичних знань і розвиток практичних навичок, необхідних для професійної діяльності у сфері транспортно-складської логістики. Виконання практичних завдань дозволить здобувачам поглибити розуміння до методів управління логістичними процесами та підвищити рівень їхньої професійної підготовки.

Практична робота № 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Мета роботи: ознайомитися з поняттям транспортно-складської інфраструктури (ТСІ), визначити її основні елементи та особливості, а також проаналізувати сучасні тенденції розвитку складів і транспортно-складських комплексів; розрахувати основні показники роботи та параметри транспортно-складських об'єктів.

Завдання:

1. Дати відповідь на теоретичне питання (обсяг 3-5 сторінок). За поданими темами зробити ілюстративний матеріал (схематичні зображення процесів або об'єктів, діаграми, графіки, таблиці). Перелік тем наведений в таблиці 1.1.

2. Розрахувати основні показники роботи складського об'єкту або комплексу, параметри під'їзного шляху та зони очікування для автомобільного транспорту. Вихідні дані наведені в таблиці А.1 додатка А.

Таблиця 1.1 – Перелік теоретичних питань

№ варіанта	Тема
1	Еволюція транспортно-складської інфраструктури: від традиційних складів до логістичних хабів
2	Роль транспортно-складської інфраструктури в ланцюгах постачання ХХІ століття
3	Вплив глобалізації на розвиток транспортно-складських систем
4	Інтеграція транспорту і складу як єдиної логістичної системи
5	Просторова організація транспортно-складської інфраструктури регіонів
6	Сучасні типи складів: клас А, В, С та їх інфраструктурні особливості
7	Розвиток багатофункціональних логістичних центрів
8	Автоматизовані та роботизовані склади: світові тренди
9	Високостелажні склади як відповідь на дефіцит територій
10	Крос-докінгові термінали у транспортно-складській інфраструктурі
11	Роль транспортних вузлів у формуванні складської мережі
12	Інтермодальні та мультимодальні транспортно-складські термінали
13	Інфраструктура «останньої милі» в міській логістиці
14	Автомобільні під'їзди та стоянки як елемент складської інфраструктури
15	Вплив розвитку залізничних і портових терміналів на складську логістику

Продовження таблиці 1.1

№ варіанта	Тема
16	Цифрові платформи управління транспортно-складською інфраструктурою
17	Використання WMS і TMS та їх інтеграція
18	Застосування IoT і Big Data в транспортно-складських комплексах
19	«Розумні» склади (Smart Warehouse) як сучасний тренд
20	Цифрові двійники транспортно-складських об'єктів
21	Екологізація транспортно-складської інфраструктури
22	Енергоефективні склади та використання відновлюваних джерел енергії
23	Зниження вуглецевого сліду транспортно-складських комплексів
24	Безпека та ризик-менеджмент у транспортно-складській інфраструктурі

Приклад плану теоретичного питання та ілюстративного матеріалу для варіанта № 1 «Еволюція транспортно-складської інфраструктури: від традиційних складів до логістичних хабів».

1. Вступ. Значення транспортно-складської інфраструктури в логістиці. **Ілюстрація:** схема ланцюга постачання.

2. Традиційні склади. Функції та обмеження традиційних складських об'єктів. **Ілюстрація:** фото або схема класичного складу з ручною обробкою.

3. Передумови розвитку. Зростання вантажопотоків, e-commerce, вимоги до швидкості доставки. **Ілюстрація:** графік зростання вантажообігу або онлайн-торгівлі.

4. Логістичні хаби. Поняття логістичного хабу та його відмінності від складу. **Ілюстрація:** схема логістичного хабу з транспортними під'їздами.

5. Сучасні технології. Автоматизація, цифрові системи, інтеграція транспорту і складу. **Ілюстрація:** автоматизований склад, роботизовані стелажі.

6. Переваги та перспективи. Ефективність, швидкість, роль у розвитку регіонів. **Ілюстрація:** порівняльна таблиця або інфографіка «склад та логістичний хаб».

7. Висновки. Підсумок еволюції транспортно-складської інфраструктури. **Ілюстрація:** узагальнююча інфографіка тенденцій розвитку.

Короткі теоретичні відомості

Транспортно-складська інфраструктура (ТСІ) є важливою складовою логістичної системи та забезпечує ефективне переміщення, зберігання й обробку матеріальних потоків [7-10]. До її складу входять склади, термінали, логістичні центри, транспортні вузли, під'їзні шляхи, обладнання та інформаційні системи управління.

Першим компонентом ТСІ є логістичні об'єкти, до яких належать склади, термінали, логістичні центри та хаби. Їх порівняльна характеристика наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика основних об'єктів логістичної інфраструктури

Критерій порівняння	Склади	Термінали	Логістичні центри	Транспортні вузли
Основне призначення	Зберігання та обробка товарів	Перевантаження та короткострокове зберігання вантажів	Комплексне управління матеріальними та інформаційними потоками	Перетин і перерозподіл транспортних потоків
Тривалість зберігання	Середня або довгострокова	Короткострокова	Змінна (залежить від логістичної стратегії)	Зберігання відсутнє або мінімальне
Основні операції	Приймання, зберігання, комплектація, пакування	Перевалка, сортування, консолідація вантажів	Складування, транспортування, митне оформлення, управління запасами	Пересадка та переформування транспортних потоків
Рівень автоматизації	Низький – високий	Середній	Високий	Середній
Інформаційні системи	WMS	TOS, WMS	WMS, TMS, ERP	TMS, диспетчерські системи
Роль у логістиці	Забезпечення безперервності постачання	Прискорення вантажообігу	Оптимізація всієї логістичної системи	Забезпечення ефективної взаємодії видів транспорту
Приклад	Розподільчий склад	Контейнерний термінал	Мультиmodalьний логістичний хаб	Залізничний або портовий вузол

Таким чином, склади – це об'єкти для тимчасового зберігання товарів і матеріалів перед їх відвантаженням або використанням. Термінали забезпечують перевалку вантажів між різними видами транспорту або формами пакування, прискорюючи їх переміщення [7]. Логістичні центри є комплексними об'єктами для зберігання, обробки, сортування та доставки вантажів у межах логістичної системи. Транспортні вузли поєднують різні транспортні шляхи або види транспорту і забезпечують організоване переміщення вантажів і пасажирів.

Другим елементом ТСІ є під'їзні шляхи, які забезпечують доступ транспортних засобів до складів, терміналів, логістичних центрів або транспортних вузлів. Вони з'єднують логістичні об'єкти розподілу та

зберігання з основними магістралями та впливають на швидкість доставки вантажів. До під'їзних шляхів належать автомобільні дороги, залізничні колії та водні підходи. Якість під'їзних шляхів визначає пропускну спроможність, безпеку руху та рівень логістичних витрат. Незадовільний стан або недостатня кількість під'їздів призводить до затримок транспорту та зниження ефективності роботи складу. Тому розвиток і модернізація під'їзних шляхів є важливою умовою ефективного функціонування транспортно-складської інфраструктури. В таблиці 1.2 наведена характеристика під'їзних шляхів до транспортно-логістичних об'єктів середньої та великої потужності (логістичних центрів, дистрибуційних складів, мультимодальних терміналів).

Таблиця 1.2 – Характеристика під'їзних шляхів до транспортно-логістичних об'єктів середньої та великої потужності

Параметр	Значення
Сучасні тенденції	Розширення під'їздів, цифрове управління рухом, екологічні рішення
Тип під'їзних шляхів	Ширина смуги: 3,5–4,5 м (авто), колія: 1435 мм (залізниця)
Пропускна спроможність	50–100 вантажівок/год, або 20–40 вагонів/день
Стан дорожнього покриття	Несуча здатність: 10–20 т/ось (авто), $R \geq 50$ МПа (бетон)
Геометричні параметри	Радіус повороту ≥ 12 м, ширина проїзду ≥ 6 м
Зручність під'їзду	Максимум 2 перехрестя на 500 м шляху
Безпека руху	Відстань між знаками ≥ 50 м, освітлення ≥ 20 лк
Зв'язок з транспортною мережею	Відстань до магістралі ≤ 5 км

Автомобілі за під'їзними шляхами прибувають до вантажно-розвантажувальних пунктів (постів) різних логістичних об'єктів. Кожен пункт повинен мати майданчики для маневрування та постановки на пост автомобілів. Застосовується бічна (рисунок 1.1 а), торцева (рисунок 1.1 б), косокутна або східчаста (рисунок 1.1 в) схеми розміщення автомобілів на постах у межах фронту вантажно-розвантажувальних робіт.

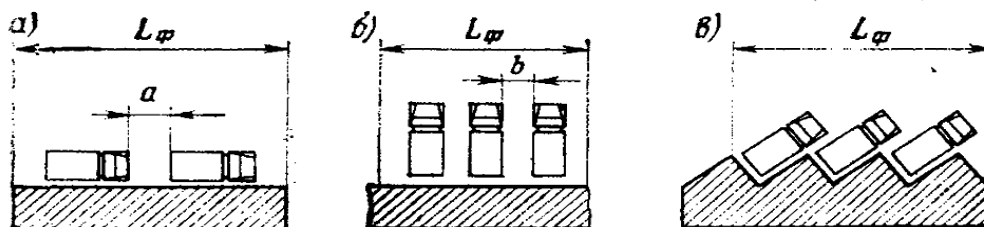


Рисунок 1.1 – Схеми розміщення автомобілів.

Габаритні розміри вантажно-розвантажувальної площадки визначаються довжиною фронту $L_{\text{ф}}$ і шириною (глибиною) площадки $B_{\text{пл}}$. Ці параметри залежать від способу розміщення рухомого складу і їхнього

маневрування на площадці.

Бічне розміщення зручне при організації пересування автомобілів і автопоїздів у межах фронту навантаження або розвантаження по прямоточній або потоковій системі, що особливо важливо для скорочення площі та часу на маневрування рухомого складу. Разом з тим ця схема розміщення непридатна для рухомого складу, який пристосований для навантаження й розвантаження тільки з боку заднього борта або задніх дверей кузова.

Торцеве розміщення автомобілів одержало широке поширення при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт на складах, обладнаних вантажними рампами. Вона скорочує довжину фронту й забезпечує зручності для виробництва вантажно-розвантажувальних робіт з боку заднього борта або задніх дверей кузова. Недоліками цієї схеми є неможливість розвантаження або завантаження автопоїздів із причепами й деяке збільшення часу на маневрування автомобілів.

Східчасте (косокутне) розміщення автомобілів застосовується на навантажувально-розвантажувальних майданчиках для поєднання переваг бічної та торцевої схем. Автомобілі встановлюються під кутом 30–60° до фронту навантаження або розвантаження, утворюючи зміщений ряд. Таке розташування забезпечує зручний доступ до кузовів і полегшує роботу навантажувачів та іншої техніки. Східчаста схема дає можливість одночасно обслуговувати кілька автомобілів і раціонально організувати рух у межах майданчика. Вона сприяє скороченню часу маневрування та підвищенню продуктивності вантажно-розвантажувальних робіт. Перевагою є також краща оглядовість під час заїзду та виїзду транспортних засобів. Недоліком цієї схеми є підвищена потреба у ширині майданчика та складніша організація руху.

Третім компонентом ТСІ є обладнання та інформаційні системи управління. Обладнання повинно забезпечувати безперервність і безпечність технологічних процесів. До його складу входять навантажувачі, конвеєри, підйомно-транспортні механізми, стелажні системи, рампи тощо. Важливу роль відіграють автоматизовані системи зважування, сканування та ідентифікації вантажів. Інформаційні системи управління складом (WMS) та транспортом (TMS) забезпечують планування, контроль і оптимізацію руху матеріальних потоків. Вони дозволяють здійснювати облік запасів у реальному часі, координувати графіки прибуття транспорту та мінімізувати простой. Інтеграція технічного обладнання з цифровими платформами підвищує ефективність роботи логістичних об'єктів і якість обслуговування клієнтів.

Сучасні тенденції розвитку транспортно-складської інфраструктури включають автоматизацію складських процесів, використання робототехніки, розвиток мультимодальних логістичних центрів, екологізацію складів та інтеграцію цифрових технологій.

*Розрахунок основних показників роботи та параметрів
транспортно-складських об'єктів*

1. Середньодобова пропускна здатність складу $\Pi_{скл}$ може бути визначена за формулою:

$$\Pi_{скл} = \frac{F_{скл} \cdot \varepsilon}{1,2 \cdot T}, \text{ т / добу}, \quad (1.1)$$

де $F_{скл}$ – загальна площа складу, м^2 ;

ε – розрахункове навантаження на підлогу складу, т/м^2 (для одноповерхових складів до $3,5 \text{ т/м}^2$, для багатоповерхових складів навантаження зменшується й не перевищує 2 т/м^2 , а на третьому $1,2 \text{ т/м}^2$);

T – строк зберігання вантажів, дн.

1,2 – коефіцієнт нерівномірності прибуття та відправлення вантажу.

2. Добова інтенсивність руху транспорту на склад:

$$I_{доб} = I_{год} \cdot T \cdot k_{нер}, \text{ од. / добу}, \quad (1.2)$$

де $I_{год}$ – загальна годинна інтенсивність руху, авт./год. ;

T – тривалість роботи складського комплексу протягом доби, год. (для малого складського комплексу (МСК) від 8 до 12 год., для середнього складського комплексу (ССК) від 12 до 16 год., для великого складського комплексу (ВСК) від 16 до 24 год.);

$k_{нер}$ – коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку (прийняти від 1,03 до 1,7).

3. Загальна годинна інтенсивність руху:

$$I_{год} = I_{ван} + I_{лег}, \text{ од. / год.}, \quad (1.3)$$

де $I_{ван}$ – годинна інтенсивність руху вантажних автомобілів, авт./год. (таблиця А.1);

$I_{лег}$ – годинна інтенсивність руху легкових автомобілів (службового транспорту), авт./год. (наведена в таблиці А.1 у відсотках від інтенсивності вантажних автомобілів).

4. Пропускна спроможність під'їзного шляху:

$$P = \frac{60}{t}, \text{ од.}, \quad (1.4)$$

де t – середній інтервал між автомобілями, хв. (обрати в залежності від розміру складського комплексу від 5 до 15 хв.).

5. Середньодобовий вантажопотік складу:

$$\bar{Q} = I_{\text{ван}} \cdot T \cdot q_c, \text{ од./добу}, \quad (1.5)$$

де q_c – середня вантажопідйомність автомобіля, т (для МСК від 2 до 5 т, для ССК від 5 до 15 т, для ВСК від 15 до 25 т).

6. Середній час обслуговування вантажу:

$$\bar{t} = \frac{\bar{Q}}{\bar{R}}, \text{ год.}, \quad (1.6)$$

де $\bar{Q}$ – середньодобовий вантажопотік складу, т;

$\bar{R}$ – середня продуктивність приймання (відвантаження), т/добу.

Для стабільного потоку наведена вище залежність є простою. Для реальних складів, де вантажопотік та продуктивність змінюються, Q і R розглядаються як випадкові величини та характеризуються відповідними відхиленнями σ_Q та σ_R .

Коливання вантажопотоку характеризуються:

– коефіцієнтом варіації

$$V_Q = \frac{\sigma_Q}{Q},$$

– коефіцієнтом нерівномірності (врахований у формулі 1.1)

$$K_n = \frac{Q_{\max}}{Q},$$

– сезонністю

$$K_s = \frac{Q_i}{Q_{\text{piч}}},$$

7. Стандартне відхилення часу обслуговування (з урахуванням варіацій Q та R)

$$\sigma_t = \bar{t} \cdot \sqrt{V_Q^2 + V_R^2}, \quad (1.7)$$

8. Інтервал часу обслуговування:

$$t_{\min} = \bar{t} - 2\sigma_t, \quad t_{\max} = \bar{t} + 2\sigma_t, \quad (1.8)$$

9. Кількість автомобілів у зоні стоянки:

$$N = I_{\text{ван}} \cdot t, \text{ од.}, \quad (1.9)$$

де t – час перебування автомобіля у зоні стоянки, год. (малий термінал 0,25-0,5 год, середній термінал 0,5-1,5 год., великі термінали 2-4 год.).

Не всі автомобілі, які знаходиться на стоянці можуть одночасно перебувати під навантаженням або розвантаженням. Для МСК може бути невелика кількість рамп, тому одночасне обслуговування обмежене. Для ССК часто дві-три смуги під'їзду та частина автомобілів стоїть у черзі. У ВСК велика стоянка, багато автомобілів чекають, лише частина під рампам.

10. Площа стоянки для автомобілів:

$$S_{\text{площ}} = \left[\frac{N}{n_r} \cdot l + \left(\frac{N}{n_r} - 1 \right) \cdot s \right] \cdot [n_r \cdot b + (n_r - 1) \cdot S_{\text{проїзд}}] \quad (1.10)$$

де N – кількість автомобілів, од.;

n_r – кількість рядів автомобілів (таблиця А.1 додатка А);

l – довжина одного автомобіля, м;

s – інтервал між автомобілями вздовж ряду, м;

b – ширина смуги для автомобіля, м;

$S_{\text{проїзд}}$ – ширина проїзду між рядами, м.

11. Кількість автомобілів, які одночасно перебувають під навантаженням-розвантаженням:

$$N_{n-p} = \frac{\alpha_n}{100} \cdot N, \text{ од.}, \quad (1.11)$$

де N – кількість автомобілів в зоні стоянки, од.;

α_n – кількість автомобілів, які одночасно обслуговуються на постах, %
(таблиця А.1 додатка А).

12. Фронт навантаження (розвантаження) для автомобілів:

– при бічному розміщенні

$$L_{\phi}^{\phi} = N_{n-p} \cdot (L_a + a) + a, \text{ м}, \quad (1.12)$$

– при торцевому або східчастому розміщенні

$$L_{m/cx}^{\phi} = \frac{N_{n-p} \cdot (B_a + b) + b}{\sin \alpha}, \text{ м}, \quad (1.13)$$

де N_{n-p} – кількість автомобілів, які одночасно обслуговуються на постах навантаження-розвантаження;

L_a й B_a – габаритна довжина й ширина рухомого складу, м;

a й b – відстані між одиницями рухомого складу на постах, ($a=b=1,5$) м;

α – кут між поздовжніми осями одиниць рухомого складу й площадки (при торцевій схемі приймається 90^0 , а при східчастій – 45^0 або 60^0).

Довжина фронту навантаження автомобілів не повинна перевищувати довжину складу. Якщо ця умова порушується, то треба або збільшити довжину складу (площа складу при цьому не повинна змінюватися), або змінити спосіб розміщення автомобілів. Якщо зазначені дії не привели до бажаного результату, то варто скорегувати площу складу.

13. Ширина вантажно-розвантажувальної площадки для автомобілів:

– при бічному розміщенні

$$B_{\phi}^{nl} = B_a + s + b_m, \text{ м}, \quad (1.14)$$

– при торцевому розміщенні

$$B_{\text{торц}}^{nl} = L_a + s + b_m, \text{ м}, \quad (1.15)$$

– при східчастому розміщенні

$$B_{\text{кос}}^{nl} = L_a \cdot \sin \alpha + b_a \cdot \cos \alpha + s + b_m, \text{ м}, \quad (1.16)$$

де b_a – габаритна ширина автомобіля, м (2,5–2,7 м).

s – інтервал (зазор) безпеки між автомобілями або між автомобілем і будівлею, м (прийняти 1,2 – 1,5 м);

Контрольні питання

1. Що входить до складу ТСІ та які її основні функції в логістичній системі?
2. У чому полягають відмінності між складом, терміналом, логістичним центром і транспортним вузлом за призначенням та операціями?
3. Які характеристики під'їзних шляхів впливають на ефективність роботи логістичних об'єктів і чому їх модернізація є важливою?
4. Від яких параметрів залежить пропускна площа складського комплексу?
5. Як знаходиться середній вантажопотік та час обслуговування вантажу на складі?
6. У чому полягає аналіз нерівномірності та сезонності вантажопотоків і які коефіцієнти для цього використовуються?
7. Що впливає на пропускну спроможність під'їзного шляху?
8. Охарактеризуйте бічну, торцеву та косокутну (східчасту) схеми розміщення автомобілів на вантажно-розвантажувальних постах.

Практична робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ СКЛАДУ

Мета роботи: ознайомлення з факторами, які впливають та вибір місця розташування складу; набуття практичних навичок розрахунку раціонального місця розташування складу з урахуванням витрат на перевезення, відстаней до постачальників і споживачів, а також логістичних та економічних факторів функціонування складської системи.

Завдання:

1. На склад планується поставка від трьох постачальників і продаж зі складу чотирьом споживачам. Визначити місце розташування складу методом сітки. Вихідні дані для розрахунку представити за прикладом таблиці 2.1. Транспортні тарифи та обсяги перевезень наведені в таблиці А.2 додатка А. На основі виконаних розрахунків та отриманих координат побудувати карто-схему району перевезень з нанесенням вантажовідправників, вантажоодержувачів і розподільного центру. Карто-схему виконати в обраному масштабі (рекомендовано 1:50 000 або 1:100 000) із дотриманням пропорцій відстаней між пунктами.

2. Обґрунтувати вибір доцільного варіанта складу за критерієм мінімальних витрат на його будівництво та обслуговування з урахуванням місця розташування складу. Потреба підприємства у складських приміщеннях може бути забезпечена шляхом оренди існуючих площ або будівництва власного складу. При цьому можливим є вибір одного з кількох альтернативних варіантів будівництва, що відрізняються обсягами інвестицій та експлуатаційними параметрами. Вибір раціонального варіанта передбачає проведення порівняльної економічної оцінки зазначених альтернатив з урахуванням витрат та очікуваного ефекту для логістичної діяльності підприємства. Вихідні дані наведені в таблицях А.2 та А.3 додатка А (обрати 2 варіанта складів). Представлення даних виконати за прикладом таблиці 2.2.

Приклад представлення вихідних даних до завдання №1

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку координат складу за

№ пост. (Р)/ спож. (К)	Координати, км		Тариф (Т), грн./ткм	Обсяг перевезень (Q), т
	X	Y		
Постачальники (P _i)				
№1				
№2				

Продовження таблиці 2.1

№ пост. (Р)/ спож. (К)	Координати, км		Тариф (Т), грн./ткм	Обсяг перевезень (Q), т
	X	Y		
№3				
Споживачі (K _i)				
№1				
№2				
№3				
№4				

Приклад представлення вихідних даних до завдання №2

Таблиця 2.2 – Капітальні витрати на будівництво та утримання складу

Показник	Значення витрат	
	Склад №1	Склад №2
<i>Витрати на будівництво</i>		
Вартість земельної ділянки, тис. грн		
Вартість будівельних робіт, тис. грн		
Вартість санітарно-технічних робіт, тис. грн		
Витрати на придбання обладнання та складської техніки, тис. грн		
<i>Разом</i>		
<i>Витрати на обслуговування</i>		
Площа орендованого складу, м ²		
Вартість оренди 1 м ² , грн./міс		
Термін оренди, років		
Кількість працівників складу, осіб		
Середня заробітна плата працівників складу, грн.		
Нарахування на заробітну плату, %		
Щомісячне споживання електроенергії на орендованому складі, кВт		
Тариф 1 кВт/год електроенергії, грн.		
Щомісячні витрати на охорону складу, грн.		
Інші накладні витрати на утримання складу за рік, грн.		
Загальна сума постійних витрат за рік, тис. грн.		
Змінні витрати, тис. грн.		
Річний <i>базовий</i> обсяг реалізації, тис. грн.		
Річний <i>проектний</i> обсяг реалізації, тис. грн.		

Короткі теоретичні відомості

Визначення місця розташування складу є одним із ключових завдань логістичного проектування складської мережі [4]. Правильний вибір місця забезпечує мінімізацію сукупних логістичних витрат, скорочення часу

доставки вантажів та підвищення ефективності функціонування транспортно-складських систем. Рациональне розміщення складу повинно враховувати:

- дислокацію постачальників і споживачів;
- інтенсивність вантажопотоків;
- транспортну доступність;
- вартість земельної ділянки та будівництва;
- інфраструктурні обмеження;
- перспективи розвитку логістичної мережі.

Нижче наведені основні фактори визначення місця розташування складу (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Фактори визначення місця розташування складу

Це транспортні, виробничо-логістичні та економічні фактори, з урахуванням містобудівних, екологічних обмежень та можливістю перспективою розширення.

Транспортні фактори визначають доступність складу для перевезення вантажів різними видами транспорту. Вони включають відстані до основних магістралей, наявність під'їзних шляхів, залізничних гілок та транспортних вузлів. Чим менша відстань до ключових транспортних коридорів, тим нижчими є витрати на перевезення і час доставки. Недостатня транспортна доступність може призвести до затримок у постачанні та зростання логістичних витрат.

Виробничо-логістичні фактори характеризують взаємне розміщення складу відносно постачальників, виробничих підприємств і споживачів продукції. Вони визначають структуру та напрямки вантажопотоків, що проходять через склад. Оптимальне розташування дозволяє скоротити сумарний пробіг транспорту і забезпечити рівномірне завантаження складу. Невдале розміщення може викликати перевантаження окремих маршрутів і збільшення часу обробки вантажів.

Економічні фактори включають витрати на придбання або оренду земельної ділянки, будівництво складу та його подальшу експлуатацію. Вартість землі і комунікацій значно впливає на загальні інвестиційні витрати проєкту. Крім того, враховуються податкові ставки, вартість енергоресурсів та рівень заробітної плати в регіоні. Економічно вигідне розташування забезпечує зниження капітальних і поточних витрат на функціонування складу.

Містобудівні фактори враховують вимоги до зонування територій, санітарні норми та допустимі відстані до житлової забудови. *Екологічні обмеження* пов'язані з рівнем шуму, викидів і впливом транспортних потоків на довкілля. Дотримання нормативних вимог є обов'язковою умовою отримання дозволів на будівництво складу. Порушення цих обмежень може призвести до заборони експлуатації об'єкта або додаткових витрат на природоохоронні заходи.

Перспективні фактори розвитку пов'язані з можливістю подальшого розширення складу та логістичної інфраструктури в майбутньому. Вони враховують прогноз зростання вантажопотоків, розвиток транспортної мережі та урбаністичні зміни в регіоні. Наявність резервних площ і можливість модернізації забезпечують гнучкість функціонування складу. Ігнорування таких перспектив може призвести до швидкого морального та функціонального застарівання складського об'єкта.

Основні методи визначення місця розташування складу: центру ваги, пробної точки, часткового перебору, сітки, мінімальних витрат на будівництво та обслуговування, мінімальних капітальних, експлуатаційних та приведених витрат.

Визначення місця розташування складу методом сітки

Сутність даного методу полягає у тому, що на географічну карту з нанесеними на неї об'єктами, накладається сітка з горизонтальними та вертикальними координатами. В результаті складається таблиця кожного об'єкта з вказівкою його координат, тарифу на транспортні перевезення (грн./км) і тоннажу вантажу, який перевозиться.

1. Центр вантажообігу, який відповідає мінімальним транспортним витратам, обирається за наступними формулами [4]:

$$X_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{Pi} X_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} X_{Ki} Q_{Ki}}{\sum_{i=1}^m T_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} Q_{Ki}}, \quad (2.1)$$

$$Y_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{Pi} Y_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} Y_{Ki} Q_{Ki}}{\sum_{i=1}^m T_{Pi} Q_{Pi} + \sum_{i=1}^n T_{Ki} Q_{Ki}}, \quad (2.2)$$

де T_{Pi} – транспортний тариф на перевезення від постачальника до складу, грн./ткм;

T_{Ki} – транспортний тариф на перевезення вантажу від складу до клієнта, грн./ткм;

X_{Pi} , X_{Ki} , Y_{Pi} , Y_{Ki} – відстань від початку координат до місця розміщення постачальників і клієнтів, км;

Q_{Pi} – обсяг вантажу від і-го постачальника, т;

Q_{Ki} – обсяг вантажу, який реалізований зі складу і-му клієнтові, т.

Вихідні дані для розрахунку центру вантажообігу наведені в таблиці А.2 додатка А. Наприклад, для варіанта 1:

Постачальники

P1: $X_{P1}=10$ км, $Y_{P1}=40$ км, $Q_{P1}=50$ т, $T_{P1}=2$ грн./ткм

P2: $X_{P2}=50$ км, $Y_{P2}=20$ км, $Q_{P2}=30$ т, $T_{P2}=3$ грн./ткм

P3: $X_{P3}=30$ км, $Y_{P3}=60$ км, $Q_{P3}=25$ т, $T_{P3}=2$ грн./ткм

Клієнти

K1: $X_{K1}=60$ км, $Y_{K1}=60$ км, $Q_{K1}=40$ т, $T_{K1}=4$ грн./ткм

K2: $X_{K2}=20$ км, $Y_{K2}=10$ км, $Q_{K2}=60$ т, $T_{K2}=2$ грн./ткм

K3: $X_{K3}=70$ км, $Y_{K3}=30$ км, $Q_{K3}=35$ т, $T_{K3}=3$ грн./ткм

K4: $X_{K4}=40$ км, $Y_{K4}=70$ км, $Q_{K4}=45$ т, $T_{K4}=2$ грн./ткм

Визначення витрат на будівництво та обслуговування складу

1. Капітальні витрати на будівництво та обладнання складу:

$$K_{б\gamma\delta} = B_z + B_{\delta} + B_{cm} + B_{obl}, \text{ тис. грн.}, \quad (2.3)$$

де B_z – вартість земельної ділянки, тис. грн.;

B_{δ} – вартість будівельних робіт, тис. грн.;

B_{cm} – вартість санітарно-технічних робіт, тис. грн.;

B_{obl} – витрати на придбання обладнання та складської техніки, тис. грн.

2. Амортизація основних засобів (лінійний метод):

$$A = \frac{B_{\delta} + B_{ct}}{T_{\delta\delta}} + \frac{B_{obl}}{T_{obl}}, \text{ тис. грн.}, \quad (2.4)$$

де B_{δ} , B_{ct} – вартість будівельних та санітарно-технічних робіт, тис. грн.;

B_{obl} – вартість обладнання та техніки, тис. грн.;

$T_{\delta\delta}$, T_{obl} – термін використання будівель та обладнання, тис. грн. (для будівель – 40 років, для обладнання – 7 років).

3. Вартість оренди складу:

$$B_{op} = S \cdot C_{lm}^2 \cdot T, \text{ тис. грн.}, \quad (2.5)$$

де S – площа орендованого складу, м²;

C_{lm}^2 – вартість оренди 1 м² за місяць, грн./м²;

T – термін оренди, місяців.

4. Витрати на заробітну плату працівників складу (з нарахуваннями):

$$B_{зп} = N \cdot Z_{сер} \cdot 12 \cdot (1 + 0,01 \cdot k_n), \text{ тис. грн.}, \quad (2.6)$$

де N – кількість працівників складу, осіб;

$Z_{сер}$ – середня заробітна плата одного працівника за місяць, грн.;

12 – кількість місяців у році;

k_n – нарахування на заробітну плату, %.

5. Вартість спожитої електроенергії:

$$B_{EE} = E \cdot T, \text{ тис. грн.}, \quad (2.7)$$

де E – обсяг спожитої електроенергії, кВт·год.;

T – тариф за 1 кВт·год., грн./кВт·год.

6. Постійні витрати на утримання складу:

$$B_{пост} = B_{зп} + B_{EE} + B_{ох} + A + IB, \text{ тис. грн.}, \quad (2.8)$$

де $B_{зп}$ – річні витрати на заробітну плату працівників складу, тис. грн.;

B_{EE} – вартість спожитої електроенергії, тис. грн.;

$B_{ох}$ – витрати на охорону складу, тис. грн.;

A – амортизація основних засобів (будівлі, обладнання, техніка), тис. грн.;

IB – інші накладні витрати на утримання складу, тис. грн.

7. Постійні витрати на утримання складу з урахуванням витрат на оренду додаткового складу:

$$B'_{пост} = B_{ор} + B_{зп} + B_{ее} + B_{ох} + A + IB, \text{ тис. грн.}, \quad (2.9)$$

де $B_{ор}$ – вартість оренди складу, тис. грн.

8. Величина постійних витрат на одиницю базового обсягу товару (без оренди додаткового складу):

$$FC_{од.} = \frac{B_{пост}}{P_{баз}}, \quad (2.10)$$

де $B_{пост}$ – постійні витрати на утримання складу, тис. грн.;

$P_{баз}$ – базовий обсяг товару, тис. грн.

9. Величина постійних витрат на одиницю проектного обсягу товару (з урахуванням оренди додаткового складу):

$$FC'_{од.} = \frac{B'_{пост}}{P_{проект}}, \quad (2.11)$$

де $B'_{пост}$ – постійні витрати на одиницю проектного обсягу товару з урахуванням оренди додаткового складу, тис. грн.;

$P_{проект}$ – проектний обсяг товару, тис. грн.

10. Економія умовно-постійних витрат:

$$E_{уПВ} = FC_{од.} - FC'_{од.}, \text{ грн.} \quad (2.12)$$

11. Додатковий дохід:

$$\Delta D = \Delta P = P_{проект} - P_{баз}, \text{ грн.}, \quad (2.13)$$

12. Додатковий прибуток:

$$\Delta \Pi = \Delta P \cdot (1 - v), \text{ грн.}, \quad (2.14)$$

де v – частка змінних витрат на одиницю реалізації товару (величина змінних витрат наведена в таблиці А.3 додатка А).

Результати розрахунків звести в таблицю 2.3.

Вони містять порівняльний аналіз витрат для двох різних за площею складів. Це дає можливість оцінити вплив розміру складського приміщення на загальний рівень витрат підприємства. У процесі аналізу враховуються витрати на утримання площі, енергозабезпечення, обслуговування обладнання та оплату праці персоналу. Порівняння отриманих показників дозволяє визначити економічно доцільний варіант організації складського господарства. На основі проведених розрахунків можна обґрунтувати вибір складу з мінімальними витратами за умови забезпечення необхідного рівня обслуговування. Отримані результати можуть бути використані для прийняття управлінських рішень щодо підвищення ефективності складської діяльності підприємства.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків річних складських витрат

Показник	Умовне позначення	Значення витрат	
		Склад №1	Склад №2
Вартість оренди складу, тис. грн.	B_{op}		
Заробітна плата працівників складу, тис. грн.	$B_{зп}$		
Вартість електроенергії, тис. грн.	B_{EE}		
Витрати на охорону складу, тис. грн.	$B_{ох}$		
Інші накладні витрати, тис. грн.	IB		
Всього витрати на утримання складу, тис. грн.	$B_{пост}$		
Сума постійних витрат з урахуванням оренди додаткового складу, тис. грн.	$B'_{пост}$		
Базовий обсяг реалізації, тис. грн.	$P_{баз}$		
Проектний обсяг реалізації, тис. грн.	$P_{проект}$		
Постійні витрати на одиницю базового обсягу товару (без оренди складу), грн.	$FC_{од}$		
Постійні витрати на одиницю проектного обсягу товару (з урахуванням оренди складу), грн.	$FC'_{од.}$		
Економія умовно-постійних витрат, грн.	$E_{УМВ}$		
Додатковий дохід, грн.	$\Delta Д$		
Додатковий прибуток, грн.	$\Delta П$		

Контрольні питання

1. Чинники, що впливають на вибір місця розміщення складу.
2. Сутність транспортного фактору при виборі розташування складу.
3. Які види витрат пов'язані з експлуатацією складу?
4. Які критерії використовують для вибору розташування складу?
5. Наведіть витрати, що належать до капітальних вкладень.
6. Які етапи передбачає метод сітки?
7. Сутність логістичного фактору при виборі розташування складу.
8. Як розрахований додатковий прибуток?

Практична робота № 3

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ВАНТАЖОПОТОКУ

Мета роботи: обґрунтувати вибір типу та топології складу для заданого вантажопотоку з урахуванням його властивостей і виду упаковки; набути практичних навичок розрахунку параметрів вантажних одиниць та визначення площ різних складських зон.

Завдання:

1. Проаналізувати характеристики та властивості вантажопотоків, що підлягають зберіганню. Види вантажів наведені в таблиці 3.1.
2. Визначити вимоги до типу складу та складського обладнання.
3. Розрахувати площу складу (основну та допоміжну), а також щільність розміщення вантажу. Вихідні дані наведені в таблиці А.4 додатка А.
4. Запропонувати топологію складського приміщення, навести його зовнішній вигляд.

Таблиця 3.1 – Види вантажів для зберігання

№ варіанта	Найменування вантажів
1	Меблі, телевізори, холодильники, рідини
2	Комп'ютери, велосипеди, мотоцикли, крупи
3	Соки, крупи, консерви, меблі
4	Постільна білизна, ковдри, подушки, електроприлади
5	Планшети, телевізори, акустичні колонки, інструменти
6	Холодильники, пральні машини, плити, соки
7	Штори, скатертини, килими, велосипеди
8	Велосипеди, самокати, тренажери, холодильники
9	Книги, журнали, газети, пральні машини
10	Мікрохвильові печі, електрочайники, тостери, крупи
11	Вентилятори, кондиціонери, обігрівачі, меблі
12	Лампи, прожектори, світильники, одяг
13	Годинники, браслети, сумки, напої
14	Кухонні ножі, сковорідки, каструлі, телевізори
15	Рушники, ковдри, подушки, електроніка
16	Іграшки, конструктори, велосипеди, пральні машини
17	Музичні інструменти, колонки, акустика, ковдри
18	Фотоапарати, камери, об'єктиви, холодильники

Продовження таблиці 3.1

№ варіанта	Найменування вантажів
19	Велотренажери, гантелі, йога-мати, соки
20	Меблі, тренажери, телевізори, крупи
21	Килими, ковдри, матраци, інструменти
22	Велосипеди, самокати, роликові ковзани, мікрохвильові печі
23	Пральні машини, холодильники, плити, книги
24	Клавіатури, монітори, принтери, велосипеди

Короткі теоретичні відомості

Вибір типу складу, обладнання та способу зберігання залежить від властивостей вантажу, його маси, обсягу, упаковки й чутливості до температури та вологості (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Залежність типу складу від властивостей вантажу

Визначають наступні види складів: криті, які використовують для більшості товарів і захищають їх від погодних умов; холодильні та морозильні, призначені для легкопсувних та заморожених продуктів із контрольованою температурою; відкриті, що підходять для будівельних матеріалів і металопрокату, які не потребують температурного контролю; навальні, для сипучих матеріалів, зерна та цементу, що зберігаються насипом або у мішках на палетах; наливні (резервуарні), призначені для рідких вантажів і нафтопродуктів із герметичними ємностями та насосами; підвісні, для довгомірних вантажів, таких як труби або профілі, що

зберігаються на підвісних балках або кронштейнах; автоматизовані склади, де застосовуються механізовані та роботизовані системи для зберігання та обробки вантажів. Нижче наведені основні фактори, що визначають вимоги до типу складу та обладнання.

Температурний режим і рівень вологості. Легкопсувні продукти харчування, фармацевтичні товари та заморожені продукти потребують контрольованих умов зберігання, тобто холодильних або морозильних складів. У той час як сухі будівельні матеріали, металопрокат або техніка можуть зберігатися на критих або відкритих складах без спеціального температурного контролю.

Маса та габарити. Великі та важкі вантажі, такі як металопрокат чи будівельні матеріали, потребують міцних конструкцій, достатньої висоти приміщення та спеціальної техніки для підйому і переміщення. Дрібні та середні вантажі, наприклад косметика, побутова хімія або харчові товари в упаковках, можуть зберігатися на стелажах або в ящиках, що дозволяє оптимізувати площу складу і забезпечити зручний доступ до товару.

Фізико-хімічний стан. Сипучі матеріали, такі як зерно чи цемент, зазвичай зберігають навалом або в мішках на палетах. Рідкі вантажі та нафтопродукти потребують наливних ємностей з герметичним зберіганням. Легкопсувні або крихкі товари зберігаються на стелажах із обмеженням навантаження та зручним доступом для обробки.

Вид тари. Даний фактор впливає на вибір обладнання, яке підбирається з урахуванням маси, обсягу, способу зберігання та умов обробки вантажу. Для дрібних та середніх вантажів застосовують стелажі – полицні, палетні або ячейкові. Важкі та габаритні вантажі розміщуються у штабелях із використанням підйомних кранів або виловних навантажувачів. Рідини або сипучі товари зберігають у наливних ємностях, бункерах або мішках на палетах. Підвісні системи використовують для довгомірних вантажів, таких як труби або профілі, що дозволяє економити площу.

Організація зберігання вантажів передбачає формування раціональної вантажної одиниці, яка виступає основною розрахунковою та технологічною одиницею в складській діяльності. *Вантажна одиниця* – це певна кількість вантажу, об'єднана в єдине ціле для зручності транспортування, перевантаження, зберігання та обліку. Вона формується шляхом укрупнення товару (пакування, палетування, контейнеризація) та виступає базовим об'єктом складських і транспортних операцій. Основні параметри вантажної одиниці: габаритні розміри, маса та обсяг. Укрупненими вантажними одиницями виступають наступні: тюк, рулон, біг-бег, бочка, барабан, піддон, контейнер, бункер, цистерна. Раціональне формування вантажної одиниці забезпечує підвищення ефективності використання складських площ, механізацію вантажно-розвантажувальних робіт та зниження логістичних витрат.

У процесі проєктування складських систем головним є визначення топології складу. *Топологія складу* – це просторове планування та взаємне розташування зон та приміщень складу. До основних зон складу належать наступні: приймання, зберігання та відвантаження. До додаткових відносяться слідуєчі компоненти: зона контролю якості, сортування та пакування; технічні приміщення; адміністративно-побутові приміщення; допоміжні склади; карантинна зона; сервісна зона; транспортна зона (рампи); проходи та проїзди. Розрізняють *наскрізну*, *клітинну*, *зональну* та *комбіновану* топології складу, які відрізняються розміщенням складських зон і напрямками руху вантажопотоків.



Рисунок 3.2 – Основні складські топології

У *наскрізній топології* зона приймання розміщується на вході, а відвантаження – на протилежному кінці, потоки рухаються прямо через центральні стелажі. У *клітинній схемі* зони приймання та відвантаження можуть бути поруч або на протилежних боках комірок, потоки розгалужуються до окремих секцій. У *зональній топології* кожна функціональна зона має локальні пункти приймання і відвантаження, а рух товарів відбувається всередині зони. У *комбінованій схемі* поєднуються зональна та наскрізна топології, зони приймання і відвантаження можуть бути централізовані або локальні, а потоки проходять через різні ділянки за раціональними маршрутами для гнучкого обслуговування різномірних товарів.

*Методика розрахунку параметрів вантажопотоку та
складського приміщення*

1. Максимальний вантажопотік:

$$Q_M = Q_c K_n, \text{ т}, \quad (3.1)$$

де Q_c – середній вантажопотік, т/міс.;

K_n – коефіцієнт нерівномірності вантажопотоків.

2. Обсяг вантажної одиниці:

$$v_{od} = l \cdot w \cdot h, \text{ м}^3, \quad (3.2)$$

де l, w, h – довжина, ширина та висота вантажної одиниці відповідно, м.

3. Площа вантажної одиниці:

$$S_{od} = l \cdot w, \text{ м}^2. \quad (3.3)$$

4. Необхідна площа складу:

$$S_{скл} = \frac{Q_M}{\rho \cdot v_{od}} \cdot S_{od} \cdot K_{запас}, \text{ м}^2, \quad (3.4)$$

де ρ – щільність вантажу, т/м³ (приймається відповідно до категорії та фізичних властивостей вантажу);

S_{od} – площа, яку займає одна вантажна одиниця, м²;

$K_{запас}$ – коефіцієнт запасу (1,2–1,5 для маневреності).

5. Фактичне навантаження на 1 м² площі складу:

$$q = \frac{G}{S_{скл}} \leq q_{доп}, \text{ т / м}^2, \quad (3.5)$$

де G – загальна маса вантажу, т;

$S_{скл}$ – розрахована площа складу, м²;

$q_{доп}$ – допустиме навантаження на підлогу складу, т/м² (наведено у таблиці).

6. Корегування площі складу:

$$S_{скл} \geq \frac{G}{q_{доп}}, \text{ м}^2. \quad (3.6)$$

7. Спосіб зберігання вантажу обирається в залежності від типу вантажу за прикладом таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Спосіб зберігання вантажу

Найменування вантажу	Спосіб зберігання
Сипучі (зерно, цемент)	навалом, мішки на палетах
Важкі (метал)	штабельне
Легкопсувні (харчові)	стелажне, коробки
Рідкі (нафтопродукти)	наливне
Техніка, меблі	під стелажі або штабель

8. Необхідний обсяг складу:

$$V_{скл} = \frac{Q_m \cdot t_{зб}}{\rho \cdot 12}, м^3, \quad (3.7)$$

де Q_m – максимальний вантажопотік, т/міс.;

$t_{зб}$ – середній термін зберігання вантажу, дн. (5-10 дн.);

ρ – щільність вантажу, т/м³;

12 – кількість місяців у році.

9. Площа зони зберігання:

$$S_{зб} = \frac{S_{скл}}{K_{\phi}}, м^2, \quad (3.8)$$

де K_{ϕ} – коефіцієнт функціонального використання площі складу (приймається від 1,6 до 2,0).

Площі зон приймання, відвантаження, комплектування, проходів і проїздів, а також допоміжних приміщень визначаються виходячи із загальної площі складу та прийнятої структури функціонального розподілу площ (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Діапазони коефіцієнтів площ складських зон

Зона складу	Позначення	Діапазон β
Приймання вантажів	$\beta_{пр}$	0,15 – 0,25
Відвантаження вантажів	$\beta_{відв}$	0,15 – 0,25
Комплектування	$\beta_{комп}$	0,2 – 0,3
Проходи та проїзди	$\beta_{прх}$	0,3 – 0,5
Допоміжні приміщення	$\beta_{доп}$	0,1 – 0,2

10. Площа зони приймання:

$$S_{пр} = S_{зб} \cdot \beta_{пр}, м^2, \quad (3.9)$$

де $\beta_{зб}$ – коефіцієнти відносно площі приймання.

Аналогічно до формули 3.9, провести розрахунок площ для інших складських зон.

Контрольні питання

1. Які фактори визначають вибір типу складу та обладнання для зберігання вантажів?
2. Для яких видів вантажів використовуються холодильні та морозильні склади?
3. Чим відрізняються відкриті, криті та навальні склади за призначенням і умовами зберігання?
4. Що таке вантажна одиниця та які основні параметри враховують при її формуванні?
5. Які види укрупнених вантажних одиниць використовують у складській діяльності?
6. Що таке топологія складу і які основні функціональні зони включає?
7. У чому полягає особливість наскрізної, клітинної, зональної та комбінованої топологій складу?
8. Як знаходиться площа складу та фактичне навантаження на 1 м² площі складу?

Практична робота № 4

РОЗРАХУНОК СКЛАДСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

Мета роботи: ознайомитися зі складським обладнанням для зберігання різних категорій вантажів; обґрунтувати вибір та провести розрахунок складського обладнання для зберігання штучних вантажів.

Завдання:

1. Розрахувати необхідну кількість стелажів для палетного зберігання штучних вантажів.
2. Розрахувати необхідну кількість стелажів для зберігання ящиків та коробів у комірках.
3. Визначити необхідну кількість піддонів і штабелів для зберігання штучних вантажів.
4. Проаналізувати можливість розміщення в зоні зберігання зазначеного складського обладнання або штабелів з урахуванням заданої площі зони зберігання.
5. Обґрунтувати найбільш раціональний спосіб розміщення вантажу за критерієм кращого використання площі складу.

Для розв'язання задач види штучних вантажів, середній вантажопотік ($Q_{сер}$) та площу зони зберігання ($S_{зб}$) обрати з практичної роботи № 3. Інші вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці Б.1 додатка Б. Приклад представлення вихідних даних наведений в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Приклад представлення вихідних даних для розрахунку кількості стелажів для палетного та коміркового зберігання

Показник	Умовне позначення	Значення
Середній вантажопотік, т/добу	$Q_{сер}$	
Площа зони для зберігання вантажу, м ²	$S_{зб}$	
Коефіцієнт використання площі складу	k	
Площа проходів та проїздів, м ²	$S_{прох}$	
Нормативний запас продукції на складі	$Q_{зан}$	
Габаритні розміри одного стелажа, м:		
– довжина	$l_{ст}$	

Продовження таблиці 4.1

Показник	Умовне позначення	Значення
– ширина	b_{cm}	
– висота	h_{cm}	
Коефіцієнт заповнення об'єму стелажа	β_{cm}	
Об'ємна маса продукції на піддоні, т/м ³	$j_{пал}$	
Нормативний термін зберігання вантажу, дн.	$T_{зб}$	
Розміри комірки стелажа, мм	$l_{ком}$	
	$b_{ком}$	
	$h_{ком}$	
Об'ємна маса вантажу у комірці, т/м ³	$j_{ком}$	
Коефіцієнт заповнення комірки	$\beta_{ком}$	
Кількість комірок у стелажі	n_k	

Короткі теоретичні відомості

Складування передбачає вибір технологічного обладнання для зберігання в залежності від виду вантажу, а саме: штучного, сипучого, рідкого, довгомірного, легкопсувального тощо. *Штучний вантаж* – це вантаж, який має окрему форму, розміри та масу і обліковується поштучно (в одиницях), а не навалом чи наливом [7]. Кожна одиниця такого вантажу є самостійним предметом або окремою упаковкою товару. Частка штучних вантажів є найбільшою серед інших категорій. До штучних вантажів належать, наприклад, меблі, побутова техніка, ящики з продукцією, мішки, коробки, рулони, тюки, будівельні блоки тощо. Вони можуть зберігатися на стелажах, піддонах або в штабелях залежно від маси, габаритів і властивостей. Основні ознаки штучного вантажу:

- має визначені габарити та масу;
- піддається механізованому переміщенню;
- може формуватися в укрупнену вантажну одиницю (палету, контейнер);
- зберігається поштучно або пакетовано.

Найефективнішим рішенням для обробки штучних вантажів є стелажні автоматизовані складські системи (ASRS), які дозволяють автоматично зберігати, переміщувати та видавати товари за допомогою кранових штабелів, роботизованих шатлів і програмного забезпечення WMS, а також конвеєрні системи, що автоматично транспортують вантажі між зонами складу, сортують їх і направляють на комплектацію чи відвантаження; поєднання цих рішень забезпечує високу щільність

зберігання, швидку обробку замовлень, мінімізацію людських помилок та ефективне використання простору складу. Зовнішній вигляд автоматизованого стелажного складу наведений на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 –Автоматизований стелажний склад із крановим штабелем

Більш просте обладнання для зберігання штучних вантажів (рисунки 4.2 – 4.4):

- стелажі (поличні, палетні, глибинні, мезонінні);
- палети;
- контейнери багаторазового використання.

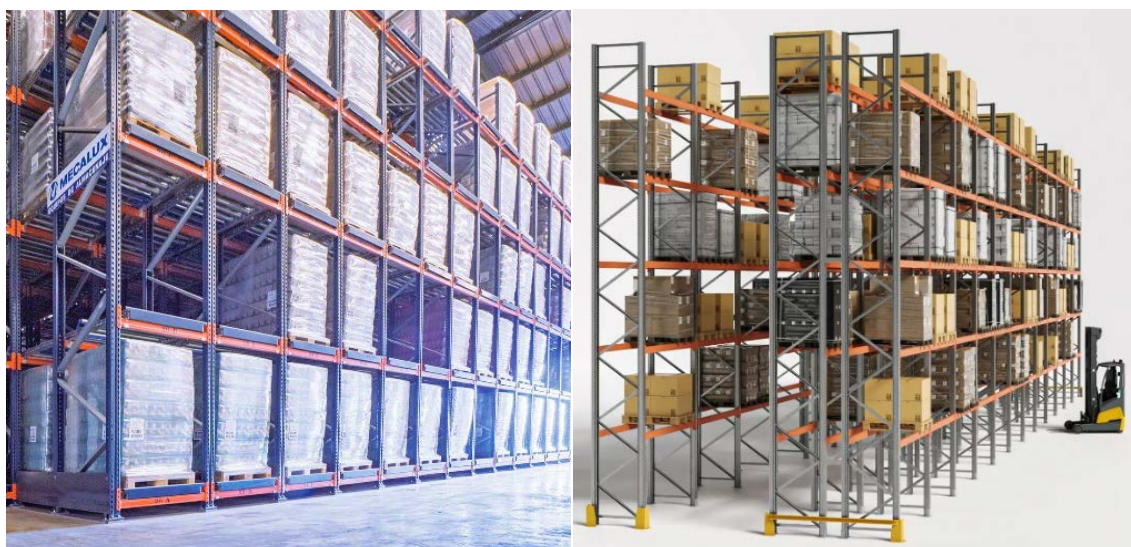


Рисунок 4.2 – Стелажі для зберігання товарів на складі

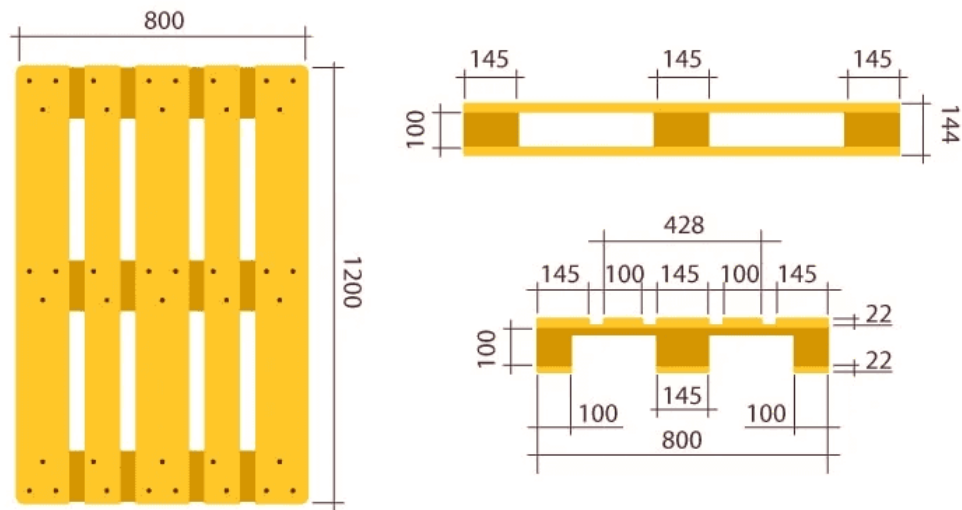


Рисунок 4.3 – Загальний вигляд палет

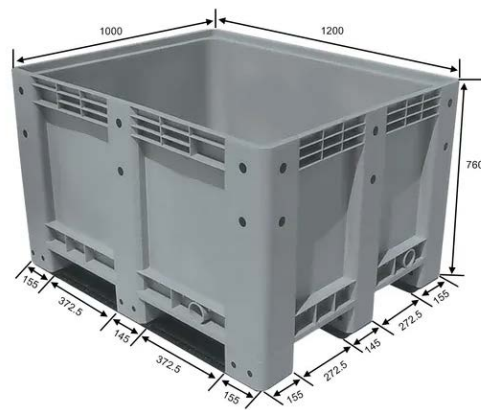


Рисунок 4.4 – Контейнери багаторазового використання

Для однорідних і стійких штучних вантажів застосовується штабельне зберігання. Штабельний спосіб складування є найпростішою системою розміщення вантажів. Основним способом укладання при цьому є штабель – укладання вантажних пакетів або товарних упаковок один на одного.

Штабельне укладання доцільно для зберігання великих партій однорідних товарів. Для забезпечення вільної циркуляції повітря штабель укладають на піддоні. Між штабелями і стелею залишають вільний простір. Висота штабеля визначається: характером товару, видом тари, висотою складського приміщення, граничним навантаженням на 1 м^2 площі підлоги, ступенем механізації праці на складах.

Штабель повинен бути цілком стійким. Нестійкий штабель може зруйнуватися, зіпсувати тару, викликати розсип, пошкодження товару і навіть послужити причиною нещасного випадку. Стійкість штабеля досягається правильними способами його укладання.

1. Пряме укладання – застосовується для вантажів, укладених у ящики однакового розміру. Розташування кожного верхнього предмета в плані збігається з розташування нижче розташованого предмету.

2. В перехресну клітку – застосовується для ящиків різних розмірів, зокрема для довгомірних вантажних місць. Вантажі верхнього ряду укладають поперек вантажів нижнього ряду.

3. В зворотну клітку – застосовують для товарів, укладених в мішки. Цей спосіб полягає в тому, що кожен наступний ряд мішків кладуть на попередній у зворотному порядку.

Для зберігання *сипучих вантажів* (зерна, цементу, гранул, піску тощо) використовуються: бункери, силоси (рисунок 4.5), мішки на палетах. Також припускається навальне зберігання у спеціально обладнаних приміщеннях.



Рисунок 4.5 – Силоси для зберігання сипучих вантажів

Для зберігання *рідких вантажів* (палива, мастила, хімічних рідин, харчових рідин тощо) використовуються: резервуари (рисунок 4.6), цистерни, герметичні ємності, наливні системи з насосним обладнанням.

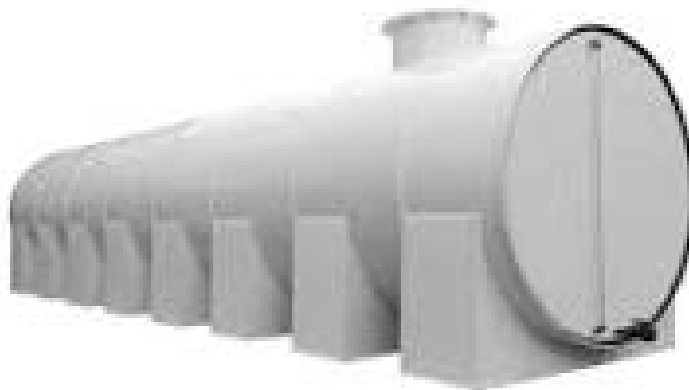


Рисунок 4.6 – Резервуар для зберігання рідких вантажів

Для зберігання довгомірних вантажів (труб, профілів, металопрокату, рулонів) використовуються: консольні стелажі (рисунок 4.7), підвісні системи, спеціалізовані касети або ложементи.



Рисунок 4.7 – Консольні стелажі для довгомірних вантажів

Для зберігання легкопсувних товарів (м'яса, риби, молочної продукції, фармацевтичних товарів) використовуються: холодильні та морозильні камери (рисунок 4.8), стелажі з антикорозійним покриттям.



Рисунок 4.8 – Холодильна камера для зберігання швидкопсувних товарів

Методика розрахунку параметрів складського обладнання для зберігання вантажних одиниць

Палетний спосіб зберігання вантажних одиниць у стелажах

1. Навантаження на стелаж при палетному зберіганні:

$$H_{ст}^{пал} = l_{ст} \cdot b_{ст} \cdot h_{ст} j_{пал} \beta_{ст}, m, \quad (4.1)$$

де $l_{ст}, b_{ст}, h_{ст}$ – довжина, ширина та висота стелажа, м;
 $j_{пал}$ – об’ємна вага продукції, т/м³ на палеті;
 $\beta_{ст}$ – коефіцієнт заповнення об’єму стелажа.

2. Кількість стелажів для палетного зберігання:

$$N_{ст}^{пал} = \frac{Q_{сер} \cdot t_{зб}}{H_{ст}^{пал}}, од., \quad (4.2)$$

де $Q_{сер}$ – середній вантажопотік, т/добу;
 $t_{зб}$ – термін зберігання вантажу на складі, дн.;
 $H_{ст}$ – навантаження одного стелажа, т.

Комірковий спосіб зберігання вантажних одиниць у стелажах

3. Навантаження на одну комірку стелажа при зберіганні коробок та/або ящиків:

$$H_{ст}^{1ком} = V_k j \beta = l_{ком} b_{ком} h_{ком} j_{ком} \beta_{ком}, m, \quad (4.3)$$

де $l_{ком}, b_{ком}, h_{ком}$ – довжина, ширина та висота комірки, м (прийняти один з наступних розмірів у метрах: 0,6×0,4×0,3; 0,8×0,6×0,4; 1×0,8×0,5).

$J_{ком}$ – об’ємна вага вантажу у комірці, т/м³;
 $\beta_{ком}$ – коефіцієнт заповнення об’єму комірки.

4. Навантаження на стелаж при комірковому зберіганні:

$$H_{ст}^{ком} = H_{ст}^{1ком} n_k, m, \quad (4.4)$$

де n_k – кількість комірок стелажа, од.

5. Кількість стелажів для коміркового зберігання:

$$N_{ст}^{ком} = \frac{Q_{сер} \cdot t_{зб}}{H_{ст}^{ком}}, од., \quad (4.5)$$

де $Q_{сер}$ – середній вантажопотік, т/добу;

$t_{зб}$ – термін зберігання вантажу на складі, дн.;

$H_{ст}$ – навантаження одного стелажа, т.

6. Порівняння можливостей площі складу щодо розміщення необхідної кількості стелажів:

$$S_{зб} \geq N_{ст}^{пал} (N_{ст}^{ком}) \cdot S_{ст}^{пал} (S_{ст}^{ком}) + S_{прох}, м^2, \quad (4.6)$$

де $N_{ст}^{пал} (N_{ст}^{ком})$ – кількість палетних та/ або коміркових стелажів, од.;

$S_{ст}^{пал} (S_{ст}^{ком})$ – площа одного палетного та/ або коміркового стелажа, м²;

$S_{прох}$ – площа проходів між стелажими, м².

7. Площа проходів між стелажими:

$$S_{прох} = S_{зб} \cdot k, м^2. \quad (4.7)$$

де k – коефіцієнт використання площі складу.

Площа зони зберігання повинна перевищувати або дорівнювати сукупній площі всіх стелажів з урахуванням проходів і проїздів. Якщо $S_{зб}$ менша, то потрібно збільшити площу складу або зменшити щільність розміщення вантажу.

Штабельний спосіб зберігання вантажних одиниць на палетах та/ або в коробках

8. Кількість палет (коробок) на складі при штабельному зберіганні:

$$N_{пал(кор)} = \frac{Q_{сер} \cdot t_{зб}}{m_{пал(кор)}}, од., \quad (4.8)$$

де $Q_{сер}$ – середній вантажопотік, т/добу;

$t_{зб}$ – термін зберігання вантажу на складі, дн.;

$m_{пал(кор)}$ – маса вантажу на одній палеті або маса коробки, т (приймається самостійно в залежності від виду вантажу).

9. Кількість палет (коробок) у штабелі:

$$n_g = \frac{H_{ш}}{h_{пал(кор)}}, од., \quad (4.9)$$

де n_g – кількість палет у штабелі по висоті, од.;

$H_{ш}$ – допустима висота штабеля, м (приймається 1,5 – 2 м);

$h_{пал(кор)}$ – висота палети (коробки) з вантажем (приймається самостійно), м.

10. Кількість штабелів:

$$N_{шт} = \frac{N_{пал(кор)}}{n_г}, од., \quad (4.10)$$

де $N_{пал(кор)}$ – загальна кількість палет (коробок), од.;
 $n_г$ – кількість палет у штабелі по висоті.

11. Розміри штабеля:

– довжина штабеля:

$$L_{шт} = n_L \cdot l_{пал(кор)}, м, \quad (4.11)$$

де n_L – кількість палет (коробок) в штабелі, од.;
 $l_{пал}$ – довжина палети (коробки) штабеля, м;

– ширина штабеля:

$$B_{шт} = n_B \cdot b_{пал(кор)}, м, \quad (4.12)$$

де n_B – кількість палет (коробок) у штабелі по ширині, м;
 $b_{пал(кор)}$ – ширина палети (коробки), м.

12. Площа одного штабеля:

$$S_{шт} = L_{шт} \cdot B_{шт}, м^2, \quad (4.13)$$

де $L_{шт}$ – довжина штабеля, м;
 $B_{шт}$ – ширина штабеля, м.

13. Потрібна площа для всіх штабелів:

$$S_{потр} = N_{шт} \cdot S_{шт}, м^2, \quad (4.14)$$

де $N_{шт}$ – кількість штабелів, од.;
 $S_{шт}$ – площа одного штабеля, м².

14. Порівняння можливостей площі складу щодо розміщення необхідної кількості штабелів:

$$S_{зб} \geq S_{потр} + S_{прох}, м^2, \quad (4.15)$$

де $S_{зб}$ – зона зберігання з урахуванням коефіцієнту використання площі складу, м².

Площа зони зберігання повинна перевищувати або дорівнювати сукупній площі всіх штабелів з урахуванням проходів і проїздів. Якщо $S_{зб}$ менша, то потрібно збільшити площу складу або зменшити щільність розміщення вантажу.

Контрольні питання

1. Що таке штучний вантаж і які його основні ознаки та характеристики?
2. Які автоматизовані системи використовуються для зберігання та обробки вантажів на складах?
3. Яке обладнання застосовується для зберігання штучних вантажів на складах?
4. У чому полягає сутність штабельного зберігання та для яких вантажів воно доцільне?
5. Які існують способи укладання вантажів у штабелі?
6. Яке обладнання використовується для зберігання сипучих, рідких, довгомірних та легкопсувних вантажів?
7. Наведіть показники, які використовуються для оцінки стелажного способу зберігання вантажів.
8. Наведіть показники, які використовуються для оцінки штабельного способу зберігання вантажів.

Практична робота № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ТА КІЛЬКОСТІ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА СКЛАДІ

Мета роботи: ознайомлення зі складським вантажно-розвантажувальним обладнанням для переміщення вантажів; визначення основних показників роботи автотранспорту та розрахунок їх необхідної кількості.

Завдання:

1. Дати відповідь на теоретичне питання (обсяг 3-5 сторінок). За поданими темами зробити ілюстративний матеріал (схематичні зображення процесів або об'єктів, діаграми, графіки, таблиці). Перелік тем наведений в таблиці 5.1.
2. Розрахувати час робочого циклу навантажувача. Вихідні дані для розрахунку навести за прикладом таблиці 5.2.
3. Розрахувати продуктивність навантажувача.
4. Визначити необхідну кількість засобів механізації. Добовий вантажопотік прийняти з попередньої практичної роботи.

Таблиця 5.1 – Перелік тем по складському обладнанню для переміщення вантажів

№ варіанта	Тема
1	Конструктивні особливості вилкового навантажувача з противагою
2	Будова та принцип роботи електричного штабелера з підйомною щоглою
3	Конструкція річтрака та особливості телескопічного механізму висунання
4	Гідравлічний механізм підйому у складських роклах
5	Конструкція стрічкового конвеєра та його натяжного механізму
6	Роликовий конвеєр: будова приводних і не приводних секцій
7	Ланцюговий конвеєр та особливості його тягового механізму
8	Поворотний конвеєрний модуль: конструкція та принцип роботи
9	Автоматизована складська система (AS/RS): конструкція стелажного крана-штабелера
10	Мостовий кран: конструктивні елементи та вантажопідйомний механізм
11	Козловий кран у складських комплексах: особливості металоконструкції
12	Підйомний стіл ножичного типу: конструкція та гідравлічна система
13	Телескопічний транспортер: конструктивні рішення для завантаження автомобілів
14	Автоматично керований візок (AGV): конструкція ходової частини та системи навігації
15	Роботизований складський маніпулятор: конструкція захватного механізму

Продовження таблиці 5.1

№ варіанта	Тема
16	Сортувальний конвеєр з відвідними механізмами: будова та принцип дії
17	Вертикальний підйомник для вантажів: конструкція напрямних і приводу
18	Палетайзер: конструктивні особливості механізму укладання вантажів
19	Депалетайзер: будова системи захоплення та розвантаження
20	Приводні системи складського конвеєрного обладнання: електромеханічні рішення
21	Конструкція автоматичного сортувального комплексу з використанням поштових відвідних механізмів
22	Будова та особливості роботи підвісного (монорейкового) транспортного обладнання складу
23	Конструктивні рішення електроприводу складських підйомно-транспортних механізмів
24	Стелажний кран-штабелер: конструкція напрямних та механізму переміщення

Таблиця 5.2 – Технічна характеристика навантажувача

Параметр	Значення
Тип приводу	
Вантажопідйомність, т	
Швидкість підйому вил, м/с	
Швидкість руху з вантажем, м/с	
Швидкість руху без вантажу, м/с	
Радіус повороту, м	
Максимальна висота підйому вил, м	
Кут нахилу рами, °	
Відстань транспортування вантажу, м	

Короткі теоретичні відомості

Вантажно-розвантажувальна техніка (ВРТ) є невід’ємною складовою складських технологічних процесів і забезпечує переміщення, підйом, укладання та комплектування вантажів у межах складських комплексів. Її застосування сприяє підвищенню продуктивності праці, скороченню часу обробки вантажів, зменшенню фізичного навантаження на персонал та забезпеченню безпеки виконання операцій. Класифікація ВРТ наведена на рисунку 5.1.

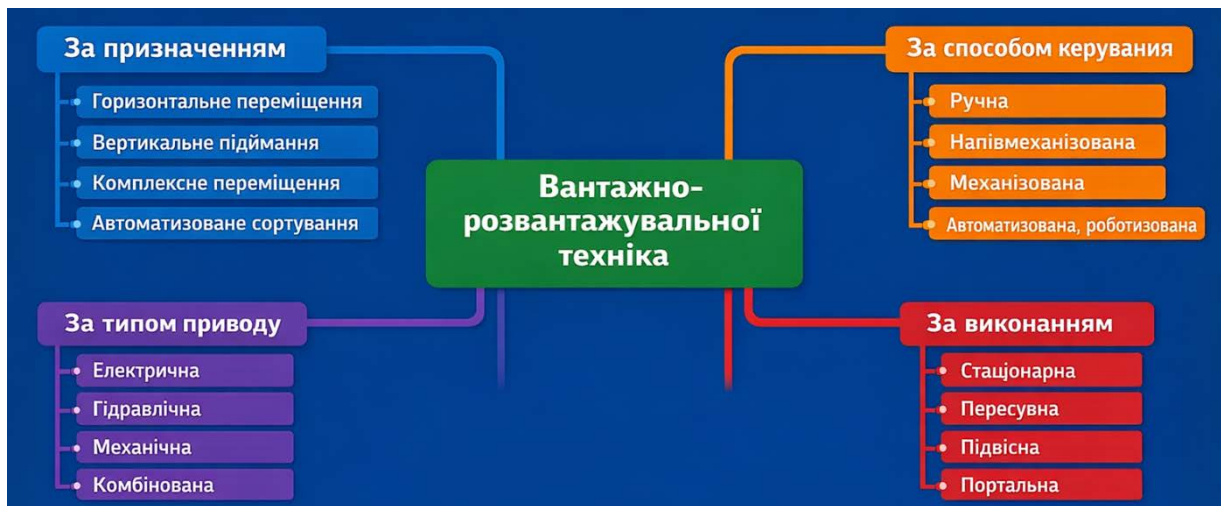


Рисунок 5.1– Класифікація ВРТ

Основні класифікаційні ознаки для ВРТ наступні: призначення, спосіб керування, тип приводу, конструкція.

За призначенням – ця ознака визначає функціональну роль обладнання у складському процесі. Техніка може бути призначена для горизонтального переміщення вантажів, їх вертикального підйому, комплексного переміщення або виконання операцій сортування й автоматизації. Від призначення залежить вибір конструкції та сфера застосування.

За способом керування – характеризує рівень участі оператора в процесі роботи обладнання. Розрізняють ручне, напівмеханізоване, механізоване та автоматизоване (роботизоване) керування. Ця ознака визначає ступінь автоматизації складських операцій та продуктивність техніки.

За типом приводу – відображає джерело та спосіб передачі енергії для виконання робочих операцій. Обладнання може мати електричний, гідравлічний, механічний або комбінований привід. Тип приводу впливає на потужність, точність роботи та умови експлуатації.

За виконанням (конструктивним типом) – визначає особливості конструкції та способу встановлення обладнання. Воно може бути стаціонарним, пересувним, підвісним або портальним. Від конструктивного виконання залежить мобільність техніки та її інтеграція у складську інфраструктуру.

Нижче проаналізовані засоби механізації.

1. *Навантажувачі* (рисунок 5.2). Застосовуються для підйому та транспортування палетованих і штучних вантажів. Найпоширенішими є вилкові електро- та автонавантажувачі. Основні параметри: вантажопідйомність (1–10 т і більше), висота підйому (до 6–8 м і більше), тип приводу (електричний, дизельний, газовий), центр навантаження, радіус повороту, швидкість руху.



Рисунок 5.2 – Зовнішній вигляд навантажувача

2. *Штабелери* (рисунок 5.3). Призначені для укладання вантажів у стелажах на різній висоті. Використовуються у складах із вузькими проходами. Основні параметри: вантажопідйомність (1–2 т), висота підйому (до 5–6 м), тип керування (ручний/електричний), довжина вил, тип щогли (одноступенева, двоступенева).



Рисунок 5.3– Зовнішній вигляд штабелера

3. *Рокли або гідравлічні візки* (рисунок 5.4). Забезпечують ручне переміщення палет на невеликі відстані. Основні параметри: вантажопідйомність (2–3 т), довжина вил, висота підйому ($\approx 80\text{--}200\text{ мм}$), тип гідроциліндра, матеріал коліс.



Рисунок 5.4 – Гідравлічний візок

4. *Конвеєрні системи* (рисунок 5.5). Сприяють безперервному переміщенню вантажів між зонами складу. Основні параметри: тип (стрічковий, роликовий, ланцюговий), продуктивність, швидкість руху стрічки, довжина лінії, потужність приводу.

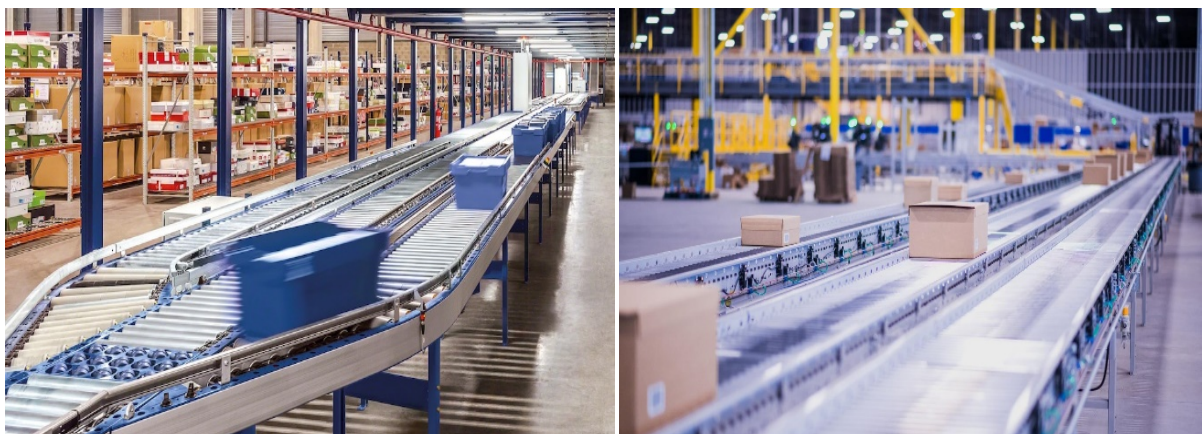


Рисунок 5.5 – Конвеєрні системи

5. *Кранове обладнання* (рисунок 5.6). Мостові, козлові та консольні крани застосовуються для переміщення важких або великогабаритних вантажів. Основні параметри: вантажопідйомність (до 10–50 т і більше), проліт крана, висота підйому, тип механізму підйому (тельфер, лебідка), швидкість пересування.



Рисунок 5.6 – Кранове обладнання

6. *Автоматизовані транспортні системи* (рисунок 5.7). Використовуються у сучасних логістичних центрах для автоматичного переміщення та зберігання вантажів. Основні параметри: рівень автоматизації, вантажопідйомність, система навігації (лазерна, магнітна, SLAM), швидкість переміщення, висота стелажного зберігання (для AS/RS).

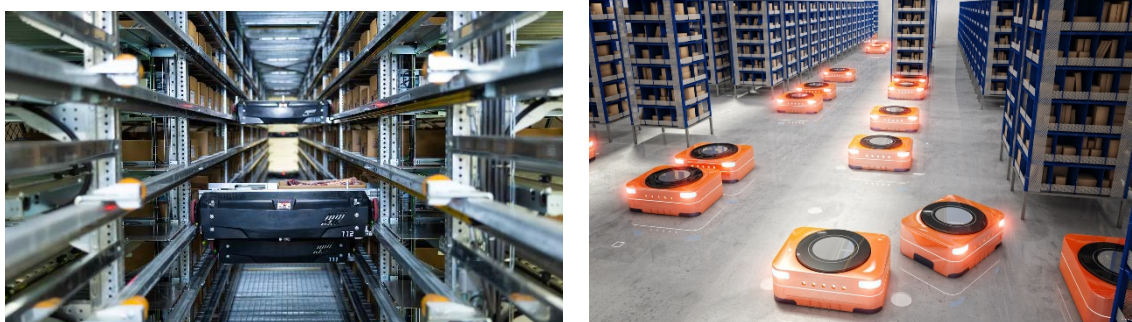


Рисунок 5.7 – Автоматизовані транспортні системи

Методика розрахунку основних показників роботи навантажувача

Нижче наведена технологія навантаження (розвантаження) вантажів вилковими електро або автонавантажувачами (формули 5.1-5.20).

1. Маневрування, під'їзд до штабеля з вантажем і поворот за радіусом R , м, на кут 90° зі швидкістю руху $V_{\text{рух}}$, м/с, навантажувача:

$$t_1 = \frac{\pi \cdot R}{2 \cdot V_{\text{рух}}} + t_{\text{pz}}, \text{с}, \quad (5.1)$$

де t_{pz} – час на розгін – гальмування, с (приймається від 3 до 10 с).

2. Нахил рами без вантажу вперед на кут α_p , град., зі швидкістю підйому вил V_B , м/с, і радіусом обертання рами 0,5 м:

$$t_2 = \frac{0,5 \cdot \pi \cdot \alpha_p}{180 \cdot V_B} + t_{p2}, \text{ с.} \quad (5.2)$$

3. Підйом вил без вантажу з транспортного положення до вантажу в штабелі на $h_{шт}$, м, зі швидкістю підйому $1,5V_B$:

$$t_3 = \frac{h_{шт}}{1,5 \cdot V_B} + t_{p2}, \text{ с.} \quad (5.3)$$

4. Уведення вил в пази піддона на відстань $(B+0,1)$ зі швидкістю $V_{пух}$:

$$t_4 = \frac{(B+0,1)}{V_{пух}} + t_{p2}, \text{ с,} \quad (5.4)$$

де B – ширина піддона, м;

0,1 м – первісний зазор між вилами і піддоном.

5. Захоплення піддона з вантажем (підйом вил на висоту 0,1 м) зі швидкістю V_B :

$$t_5 = \frac{0,1}{V_B} + t_{p2}, \text{ с.} \quad (5.5)$$

6. Нахил рами з вантажем назад у транспортне положення на кут α_{p1} , зі швидкістю V_B і радіусом обертання 0,5 м:

$$t_6 = \frac{0,5 \cdot \pi \cdot \alpha_{p1}}{180 \cdot V_B} + t_{p2}, \text{ с.} \quad (5.6)$$

7. Виїзд із вантажем від штабеля в проїзд на відстань $(B+0,1)$ зі швидкістю $0,8V_{пух}$:

$$t_7 = \frac{(B+0,1)}{0,8 \cdot V_{пух}} + t_{p2}, \text{ с.} \quad (5.7)$$

8. Опускання вил з вантажем у транспортне положення на висоту розташування вантажу в штабелі $h_{шт}$ зі швидкістю $1,3V_B$:

$$t_8 = \frac{h_{шт}}{1,3 \cdot V_B} + t_{p2}, \text{ с.} \quad (5.8)$$

9. Від'їзд із вантажем від штабеля з поворотом по радіусі R на кут 90^0 зі швидкістю $0,8V_{\text{пyx}}$:

$$t_9 = \frac{\pi \cdot R}{1,6 \cdot V_{\text{пyx}}} + t_{\text{pe}}, \text{ с.} \quad (5.9)$$

10. Транспортування вантажу на відстань $L_{\text{тр}}$ зі швидкістю $V_{\text{пyx}}$ (зазор між вилами і рівнем навантажувальної площадки не менш $0,3$ м):

$$t_{10} = \frac{L_{\text{mp}}}{V_{\text{пyx}}} + t_{\text{pe}}, \text{ с.} \quad (5.10)$$

11. Під'їзд із вантажем до штабеля з поворотом по радіусі R на кут 90^0 зі швидкістю $0,8V_{\text{пyx}}$:

$$t_{11} = \frac{\pi \cdot R}{1,6 \cdot V_{\text{пyx}}} + t_{\text{pe}}, \text{ с.} \quad (5.11)$$

12. Підйом вантажу наприкінці рейса з транспортного положення на висоту $h_{\text{шт1}}$ для укладання в штабель зі швидкістю $V_{\text{в}}$:

$$t_{12} = \frac{h_{\text{шт1}}}{V_{\text{в}}} + t_{\text{pe}}, \text{ с} \quad (5.12)$$

13. Нахил рами з вантажем уперед на кут $\alpha_{\text{р}}$ зі швидкістю $V_{\text{в}}$ і радіусом обертання $0,5$ м:

$$t_{13} = \frac{0,5 \cdot \pi \cdot \alpha_{\text{р}}}{180 \cdot V_{\text{в}}} + t_{\text{pm}} \quad (5.13)$$

14. Під'їзд із вантажем від штабеля в проїзд на відстань $(B+0,1)$ зі швидкістю $0,8V_{\text{пyx}}$ і орієнтування вантажу для укладання в штабель:

$$t_{14} = \frac{(B+0,1)}{0,8 \cdot V_{\text{пyx}}} + t_{\text{pe}}, \text{ с.} \quad (5.14)$$

15. Опускання вантажу на висоту $0,1$ м у штабель зі швидкістю $1,3V_{\text{в}}$:

$$t_{15} = \frac{0,1}{1,3 \cdot V_{\text{в}}} + t_{\text{pe}}, \text{ с.} \quad (5.15)$$

16. Висування вил з пазів піддона з вантажем і від'їзд від штабеля на відстань $(B+0,1)$ зі швидкістю $V_{\text{рух}}$:

$$t_{16} = \frac{(B+0,1)}{V_{\text{рух}}} + t_{\text{пз}}, \text{ с.} \quad (5.16)$$

17. Нахил рами без вантажу назад на кут $\alpha_{\text{п1}}$ зі швидкістю $V_{\text{в}}$ і радіусом обертання 0,5 м:

$$t_{17} = \frac{0,5 \cdot \pi \cdot \alpha_{\text{п1}}}{180 \cdot V_{\text{в}}} + t_{\text{пз}}, \text{ с.} \quad (5.17)$$

18. Від'їзд без вантажу від штабеля з поворотом по радіусі R на кут 90° зі швидкістю руху $V_{\text{рух}}$:

$$t_{18} = \frac{\pi \cdot R}{2 \cdot V_{\text{рух}}} + t_{\text{пз}}, \text{ с.} \quad (5.18)$$

19. Опускання вил без вантажу в нижнє транспортне положення на висоту $h_{\text{шт1}}$ зі швидкістю $1,5V_{\text{в}}$:

$$t_{19} = \frac{h_{\text{шт1}}}{1,5 \cdot V_{\text{в}}} + t_{\text{пз}}, \text{ с.} \quad (5.19)$$

20. Під'їзд до штабеля за вантажем у зворотному напрямку на відстань $L_{\text{тр}}$ зі швидкістю $1,2V_{\text{рух}}$:

$$t_{20} = \frac{L_{\text{тр}}}{1,2 \cdot V_{\text{рух}}} + t_{\text{пз}}, \text{ с.} \quad (5.20)$$

21. Тривалість робочого циклу:

$$T_{\text{ц}} = \varphi \sum_{i=1}^i t_i + n_{\text{оп}} \cdot t_{\text{оп}}, \text{ с,} \quad (5.21)$$

де φ – коефіцієнт сполучення операцій протягом робочого циклу ($\varphi=0,6\dots0,95$);

t_i – тривалість i -тої операції, с;

$t_{\text{оп}}$ – час на ухвалення рішення оператором (машиністом, водієм) і переключення органів керування на одну операцію ($t_{\text{оп}}=1\text{--}3\text{с}$);

$n_{\text{оп}}$ – кількість переключень протягом циклу.

22. Продуктивність засобів механізації:

$$W_e = \frac{3600 \cdot q_{ван} \cdot \kappa_{вр}}{T_{ц}}, \text{ т/год.}, \quad (5.22)$$

де $q_{ван}$ – маса переміщеного вантажу, т (за один робочий цикл);
 $\kappa_{вр}$ – коефіцієнт використання робочого часу механізмів.

23. Необхідна кількість засобів механізації:

$$X_m = \frac{Q_{доб}}{\alpha_m \cdot W_e \cdot T_{зм}}, \text{ од.}, \quad (5.23)$$

де $Q_{доб}$ – добовий вантажопотік, т (прийняти з попередньої роботи);
 α_m – коефіцієнт використання парку механізмів (прийняти від 0,85 до 0,98);
 W_e – експлуатаційна продуктивність механізму, т/год.;
 $T_{зм}$ – час зміни, год. (прийняти від 8 до 12 годин).

Контрольні питання

1. Що таке вантажно-розвантажувальна техніка та яку роль вона відіграє у складських процесах?
2. Які основні класифікаційні ознаки вантажно-розвантажувальної техніки?
3. У чому полягає класифікація ВРТ за призначенням?
4. Які основні параметри характеризують навантажувачі та штабелери?
5. Які види вантажно-розвантажувальної техніки застосовуються для автоматизації складських процесів?
6. Охарактеризуйте технологію навантаження (розвантаження) вантажів вилковими електро або автонавантажувачами.
7. Як знаходиться час робочого циклу та експлуатаційна продуктивність навантажувача?
8. Від яких чинників залежить визначення необхідної кількості навантажувачів?

Практична робота № 6

ОРГАНІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМИ ПОТОКАМИ НА СКЛАДІ

Мета роботи: ознайомлення з основними видами запасів, методами їх управління та способами відвантаження матеріальних потоків на складі; розрахунок параметрів обраної моделі управління запасами й показників функціонування складу за різних способів відвантаження товарів.

Завдання:

1. Графічно подати та охарактеризувати модель управління запасами за варіантом (таблиця Б.3 додатка Б).
2. Розрахувати параметри обраної моделі управління запасами.
3. Розрахувати показників управління запасами з урахуванням методів відвантаження товарів.

Короткі теоретичні відомості

Організація управління матеріальними потоками на складі є важливою складовою логістичної системи підприємства, що забезпечує раціональний рух, зберігання та своєчасне переміщення матеріальних ресурсів у процесі їх надходження, обробки та відвантаження. Важливою задачею складського управління є контроль рівня запасів, який дозволяє своєчасно виявляти відхилення від встановлених норм і запобігати їх негативним наслідкам. Необхідність контролю рівня запасів обумовлена збільшенням витрат у разі виходу фактичного розміру запасу за рамки, передбачені нормами запасу. Основні розрахункові параметри для управління запасами наведені нижче [4].

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.

Розмір запасів може бути визначений у натуральних показниках (тоннах, кілограмах, літрах, штуках, м³), у вартісних показниках (грн), а

також в умовних вантажних одиницях (піддонах, контейнерах, вантажних місцях). Умовні вантажні одиниці є зручними для обліку та планування запасів, оскільки дозволяють узагальнювати різноманітні вантажі й спрощують проведення логістичних розрахунків. Основні параметри системи управління запасами наведені на рисунку 6.1.

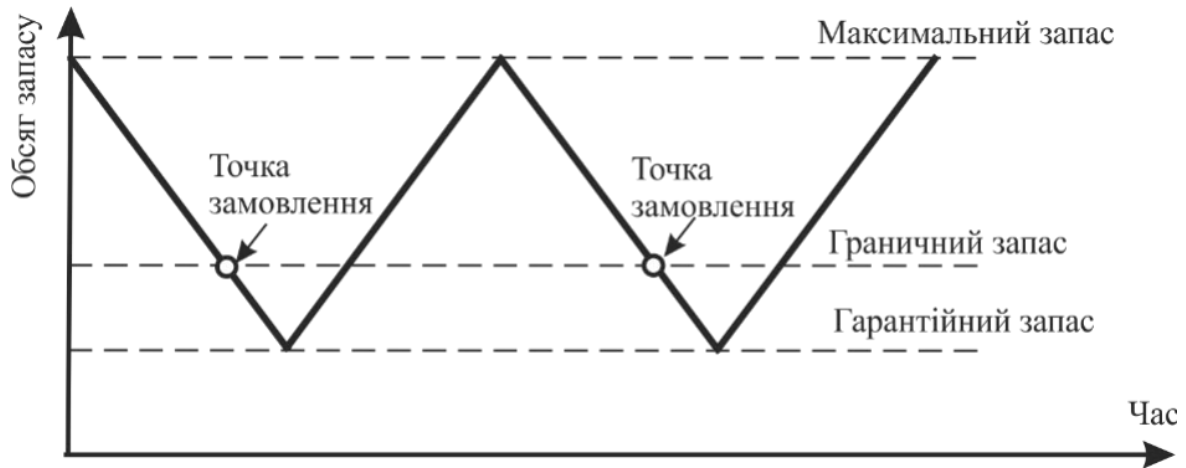


Рисунок 6.1 – Основні параметри системи управління запасами [9]

Розрізняють такі системи управління запасами: з фіксованим розміром замовлення (ФРЗ), з фіксованою періодичністю замовлення (ФПЗ), з установленою періодичністю поповнення запасів до визначеного рівня (ПВР) та систему «мінімум – максимум» (ММ). Вибір конкретної системи залежить від частоти споживання запасів у виробництві, відстані їх доставки, витрат на формування замовлення, можливостей зберігання, а також можливих втрат у разі виникнення дефіциту запасів [1]. Основні фактори вибору моделі управління запасами наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні фактори вибору моделі управління запасами

Частота споживання запасів	Відстань доставки	Витрати на формування замовлення	Можливості зберігання	Ризик втрат від дефіциту	Система управління запасами
Висока	Середня / велика	Високі	Середні	Низький	ФРЗ
Середня	Невелика / середня	Низькі	Високі	Середній	ФПЗ
Нерівномірна	Середня	Середні	Середні	Низький	ПВР
Низька / змінна	Будь-яка	Низькі	Обмежені	Середній	ММ

Порівняння систем управління запасами показує, що система з фіксованим розміром замовлення є доцільною за умов інтенсивного споживання запасів (понад 20 відборів на місяць), значної відстані доставки (понад 500 км) та відносно високих витрат на оформлення замовлення (понад 700 грн на одне замовлення), водночас вона забезпечує низький ризик виникнення дефіциту (до 2 % від середньомісячного обсягу споживання запасів). Система з фіксованою періодичністю замовлення застосовується за більш стабільного постачання, потребує більших можливостей для зберігання (понад 500 м² складської площі) та характеризується середнім рівнем ризику нестачі запасів (2–5 % від середньомісячної потреби підприємства). Система з установленою періодичністю поповнення до визначеного рівня поєднує переваги регулярного контролю і гнучкого реагування на зміну попиту, що дозволяє підтримувати належний рівень запасів при помірних витратах (300–700 грн на замовлення). Система «мінімум – максимум» є найпростішою в організації, потребує менших витрат на адміністрування (до 300 грн на замовлення) та зберігання (до 150 м² складської площі), однак може супроводжуватися підвищеним ризиком дефіциту (5–8 % від середнього обсягу запасів) за різкого зростання споживання (понад 20 % від середньомісячного попиту протягом короткого періоду). Наведені кількісні значення є умовними оскільки в науковій літературі відсутні єдині фіксовані значення для їх розрахунку. Вони формуються на основі узагальнення різних підходів до управління запасами та можуть відрізнятися залежно від галузі й умов діяльності підприємства.

Після розгляду систем управління запасами, які регулюють процес поповнення складу, проаналізовано методи, що визначають порядок відвантаження товарів зі складу.

Метод LIFO (Last In – First Out) передбачає відвантаження насамперед товару, який надійшов останнім. У часовому вимірі це означає, що нові партії перебувають на складі мінімальний час, тоді як перші надходження зберігаються найдовше. Така технологія дозволяє швидко обробляти нові надходження та зменшувати операційні витрати на переміщення, однак ускладнює контроль «старих» запасів і може призводити до їх накопичення. Метод доцільно застосовувати за умов великих обсягів і відносно стабільного попиту, за умови регулярного моніторингу залишків для запобігання надмірному тривалому зберіганню ранніх партій.

Метод FIFO (First In – First Out) передбачає, що першими відвантажуються товари, які надійшли раніше. Така система забезпечує рівномірний обіг запасів і мінімізує середній час їх зберігання на складі, що дозволяє уникати накопичення застарілої продукції та оптимізувати складський цикл. FIFO є базовим інструментом управління запасами, який сприяє стабільній оборотності, точнішому прогнозуванню рівня запасів і зниженню ризику морального старіння товарів. У результаті час

перебування продукції на складі вирівнюється, що позитивно впливає на ефективність логістичних процесів.

Метод *FEFO (First Expired – First Out)* передбачає відвантаження товарів із найменшим залишковим терміном придатності. На відміну від *FIFO*, ключовим критерієм є не дата надходження, а строк реалізації продукції, що дає змогу мінімізувати втрати від псування та списання. Метод застосовується для товарів з обмеженим терміном зберігання та потребує точного обліку, регулярного моніторингу залишків і використання автоматизованих систем (*WMS*). У часовому вимірі забезпечує максимально ефективне використання ресурсу та оптимізацію складських процесів.

Управління складським комплексом в сучасних умовах встановлюються із застосуванням методології формування системи збалансованих показників (*BSC*), а значення фактичних відхилень від збалансованих показників – об'єктивними індикаторами стану системи *KPI* (ключовий показник результату). *KPI (Key Performance Indicator)* – це показник досягнення результатів діяльності (успіху) або певних цілей.

Виділяються наступні групи ключових показників *KPI* в управлінні бізнес-процесами складського комплексу:

- *фінансові*, що характеризують ефективність використання ресурсів складського комплексу, зокрема рівень витрат на зберігання, собівартість складських операцій, рентабельність складської діяльності та оборотність запасів;

- *операційні*, які відображають результативність виконання складських процесів: швидкість обробки замовлень, час комплектації, точність відвантаження, рівень використання складських площ і продуктивність персоналу;

- *якості обслуговування*, що визначають рівень задоволеності споживачів, своєчасність виконання замовлень, кількість рекламаций та рівень дотримання договірних умов постачання;

- *управління персоналом*, які оцінюють ефективність використання трудових ресурсів, рівень кваліфікації працівників, продуктивність праці, плинність кадрів і дотримання вимог охорони праці;

- *інноваційні*, що характеризують рівень автоматизації складських процесів, впровадження сучасних інформаційних систем управління складом, а також здатність підприємства до адаптації в умовах змін зовнішнього середовища;

- *транспортно-складської взаємодії*, що характеризують своєчасність подачі та завантаження автомобільного транспорту, тривалість простою транспортних засобів під вантажними операціями, а також узгодженість роботи складу з транспортним процесом.

Одним із найбільш важливих показників *KPI*-результату є своєчасність завантаження (*OTS – on-time shipping*), який показує відсоток транспортних засобів, завантажених своєчасно за розрахунковий період.

Нормативи завантаження можуть варіюватися в залежності від наступних факторів [4]:

- функціонального призначення складу (наприклад, для крос-докінгу час завантаження складає до однієї години з моменту планового часу прибуття автомобіля);
- типу транспортного засобу (наприклад, 4 години для вантажного автомобіля і 6 годин для вагону);
- типу завантаження – палетне або коробкове.

За цей час потрібно встигнути поставити транспортний засіб, перевірити вантаж, завантажити транспортний засіб, оформити документи і відправити вантаж в рейс. Показник OTS повинен бути не нижче 95 %.

*Методика розрахунку параметрів моделі управління
запасами з фіксованим розміром замовлення*

1. Максимальний бажаний запас:

$$МБЗ = ГЗ \cdot q_{opt}, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.1)$$

де $ГЗ$ – гарантійний запас, ум. ван. од.;

q_{opt} – оптимальний розмір запасу, ум. ван. од.

2. Оптимальний розмір запасу за формулою Уілсона:

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot C_{зам} \cdot Q_p}{\frac{Ц \cdot C_{зб}}{100}}}, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.2)$$

де Q_p – річний оборот ресурсу, ум. ван. од.;

$C_{зам}$ – витрати на виконання одного замовлення, грн.;

$C_{зб}$ – витрати на зберігання товарно-матеріальних запасів (частка від річної вартості запасу), грн./ ум. ван. од.;

$Ц$ – ціна товару, грн./ум. ван. од.

3. Гарантійний запас на складі:

$$ГЗ = C_d T_{затр}, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.3)$$

де C_d – денне споживання ресурсу, ум. ван. од.;

$T_{затр}$ – час затримки поставки, дн.

4. Денне споживання ресурсу

$$C_{\partial} = \frac{Q_p}{D_p}, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.4)$$

де Q_p – річний оборот ресурсу, ум. ван. од.,
 D_p – кількість робочих днів.

5. Граничний рівень запасу на складі:

$$ГР = ГЗ + ОС, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.5)$$

де $ГЗ$ – гарантійний запас, ум. ван. од.;

$ОС$ – очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення, ум. ван. од.

6. Очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення:

$$ОС = C_{\partial} T_{\text{вз}}, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.6)$$

де C_{∂} – денне споживання ресурсу, ум. ван. од.;

$T_{\text{вз}}$ – час виконання замовлення, дн.

Методика розрахунку параметрів моделі управління запасами з фіксованою періодичністю замовлення

1. Інтервал часу між замовленнями:

$$\Delta T = K \cdot q_{\text{опт}} / N, \text{ дн.}, \quad (6.7)$$

де $q_{\text{опт}}$ – оптимальний розмір замовлення, ум. ван. од.;

K – число робочих днів в періоді, дн.;

Q_p – річний оборот ресурсу, ум. ван. од.

2. Максимальний бажаний запас

$$МБЗ = ГЗ + \Delta T \cdot C_{\partial}, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.8)$$

де $ГЗ$ – гарантійний (страховий) запас, ум. ван. од.;

ΔT – інтервалу часу між замовленнями, дн.;

C_{∂} – очікуване денне споживання, ум. ван. од.

3. Гарантійний запас на складі розраховується за формулою 6.3.

4. Очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення розраховується за формулою 6.6.

5. Денне споживання ресурсу розраховується за формулою 6.4.

6. Розмір замовлення:

$$PЗ = МБЗ - ПЗ + ОС, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.9)$$

де $МБЗ$ – максимальний бажаний запас, ум. ван. од.;

$ОС$ – очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення,
ум. ван. од.;

$ПЗ$ – залишки матеріальних ресурсів на складі, ум. ван. од.

Методика розрахунку параметрів моделі управління запасами із заданою періодичністю поповнення до встановленого рівня

1. Розмір основного замовлення

$$PЗ = МБЗ - ПЗ + ОС, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.10)$$

де $МБЗ$ – максимальний бажаний запас, ум. ван. од.;

$ПЗ$ – поточний запас, ум. ван. од. (залишки на складі);

$ОС$ – очікуване споживання за час постачання, ум. ван. од.

Відповідно до формули (6.10), розмір замовлення визначається так, щоб за умови відповідності фактичного споживання очікуваному запас на складі поповнювався до максимального бажаного рівня. У разі зростання попиту може виникнути дефіцит товару до моменту чергового замовлення. Для запобігання цьому в системі встановлюється граничний рівень запасу, при досягненні якого постачальникові надсилається додаткове замовлення.

2. Розмір додаткового замовлення:

$$РДЗ = МБЗ - ГР + ОС, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.11)$$

де $МБЗ$ – максимальний бажаний запас, ум. ван. од.;

$ГР$ – граничний рівень запасу, ум. ван. од.;

$ОС$ – очікуване споживання до часу постачання, ум. ван. од.

3. Максимальний бажаний запас:

$$МБЗ = ГЗ + \Delta T \cdot C_0, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.12)$$

де $ГЗ$ – гарантійний (страховий) запас, ум. ван. од.;

ΔT – інтервалу часу між замовленнями, дн.;

C_0 – очікуване денне споживання, ум. ван. од.

4. Гарантійний запас на складі розраховується за формулою 6.3.

5. Граничний рівень запасу:

$$ГР = ГЗ T_{вз} C_d, \text{ ум. ван. од.}, \quad (6.13)$$

де $ГР$ – гарантійного запасу, ум. ван. од.;

C_d – очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення ($T_{вз}$),
ум. ван. од.

6. Очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення розраховується за формулою 6.6.

7. Денне споживання ресурсу розраховується за формулою 6.4.

*Методика розрахунку параметрів моделі управління
запасами «мінімум–максимум»*

1. Денне споживання ресурсу (C_d) розраховується за формулою 6.4.

2. Очікуване споживання ресурсу за час виконання замовлення розраховується за формулою 6.6.

3. Граничний рівень запасу ($ГР$) на складі розраховується за формулою 6.13.

4. Максимальний бажаний запас ($МБЗ$) на складі розраховується за формулою 6.12.

5. Розмір замовлення ($РЗ$) є змінною величиною, залежить від залишків товару на складі та розраховується за формулою 6.10.

Для даної системи час та розмір замовлення визначаються на основі двох параметрів: граничного розміру запасів; визначеного інтервалу часу для замовлення. Використання моделі управління запасами «мінімум–максимум» є доцільним, коли запаси витрачаються зі складу нерівномірно та немає потреби у закупівлі їх через фіксовані періоди часу або у фіксованих розмірах через непрогнозованість попиту на них.

*Розрахунок показників управління запасами з урахуванням методів
відвантаження товарів*

1. Оборотність запасів:

$$K_{об} = \frac{Q_p}{ПЗ}, \quad (6.14)$$

де Q_p – річний оборот ресурсу, ум. ван. од.;

$ПЗ$ – залишки матеріальних ресурсів на складі, ум. ван. од.

2. Коефіцієнт використання запасів:

$$K_{\text{вз}} = \frac{Q_p}{Q_{\text{заг}}}, \quad (6.15)$$

де Q_p – річний оборот ресурсу, ум. ван. од.;

$Q_{\text{заг}}$ – загальна кількість запасів на складі, ум. ван. од.

Витрати на зберігання:

$$B_{\text{зб}} = C_{\text{зб}} \cdot ПЗ \cdot t_{\text{зб}}, \text{ грн.}, \quad (6.16)$$

де $C_{\text{зб}}$ – витрати на зберігання запасів на складі, грн./ум. ван. од.;

$ПЗ$ – залишки матеріальних ресурсів на складі, ум. ван. од.;

$t_{\text{зб}}$ – середній час зберігання товарів на складі (FIFO – 10 дн.; LIFO – 18 дн.; FEFO – 8 днів).

Контрольні питання

1. У чому полягає основна мета управління матеріальними потоками на складі в логістичній системі підприємства?

2. Призначення гарантійного та граничного запасів, наведіть їх роль у процесі складського управління.

3. Охарактеризуйте моделі управління запасами з фіксованим розміром замовлення та «мінімум – максимум».

4. Опишіть моделі управління запасами з фіксованою періодичністю замовлення та поповнення до визначеного рівня.

5. У чому полягає відмінність між методами FIFO, LIFO та FEFO при відвантаженні товарів зі складу?

6. Що характеризує оборотність запасів?

7. Проаналізуйте коефіцієнт використання запасів.

8. Які основні групи КРІ застосовуються для оцінки ефективності управління складським комплексом?

ЛІТЕРАТУРА

1. Крикавський Є. В. Логістика: основи теорії. Львів : Інтелект-Захід, 2006. 456 с. ISBN 966-7597-57-1.
2. Смирнов І. Г. Логістика: просторово-територіальний вимір : монографія. Київ : Обрії, 2004. 335 с.
3. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5th ed. Harlow : Pearson Education Limited, 2016. 328 p. ISBN 978-1-292-08379-7.
4. Марченко В. М., Шутюк В. В., Ємцев В. І. Логістика: практикум : навч. посіб. для студ. спец. 051 «Економіка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 188 с.
5. Крикавський Є., Похильченко О., Фертч М. Логістика та управління ланцюгами поставок : навч. посіб. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2017. 801 с.
6. Комерційна логістика : навч. посіб. / за ред. А. А. Мазаракі. Київ : КНТЕУ, 2013. 408 с.
7. Марчук В. Є., Григорак М. Ю., Гармаш О. М., Овдієнко О. В. Складська логістика : навч. посіб. Київ : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 256 с.
8. Логістика : навч. посіб. / за заг. ред. О. М. Ястремської. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 271 с.
9. Марченко В. М., Шутюк В. В. Логістика : підручник. Київ : Видавничий дім «Артек», 2018. 312 с.
10. Крикавський Є. В., Чернописька Н. В. Логістичні системи : підручник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2019. 288 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Вихідні дані для розрахунку основних показників транспортно-складської інфраструктури

№ варіанта	Частка легкових автомобілів, %	Інтенсивність руху вантажних автомобілів, од./год. ($I_{ван}$)	Вид складсь- кого комплексу	Площа складського комплексу, тис.м ² (S)	Кількі- сть рядів автомобі- лів (n_r)	Строк зберіган- ня вантажу, дн. (T)	Середня продуктивніс- ть приймання (відвантажен- ня), т/год. ®	Кількість автомобілів, які одночасно обслуго- вуються на постах, % (α_n)	Коефіцієнт варіації вантажопот- оку (V_Q)	Коефіцієнт варіації продуктивності обробки вантажу (V_R)
1	10	30	ВСК	25	2	5	30	35	0,18	0,06
2	7	6	МСК	4	1	3	5	50	0,07	0,09
3	8	13	ССК	10	1	5	12	40	0,25	0,14
4	12	33	ВСК	25	3	2	33	35	0,11	0,08
5	11	5	МСК	3	1	3	4	55	0,06	0,12
6	6	14	ССК	9	1	7	14	45	0,22	0,18
7	5	28	ВСК	22	3	3	28	35	0,14	0,10
8	7	14	ССК	12	2	5	12.5	45	0,09	0,07
9	11	5	МСК	4	1	3	5	50	0,30	0,20
10	8	29	ВСК	24	3	3	29	40	0,16	0,15
11	5	12	ССК	15	2	5	11	50	0,05	0,05
12	12	5	МСК	4	1	2	4.5	50	0,27	0,17
13	10	25	ВСК	26	3	2	25	30	0,12	0,11
14	9	12	ССК	15	2	7	12	40	0,20	0,13
15	10	27	ВСК	28	3	2	27	30	0,08	0,16
16	7	6	МСК	4	1	2	6	60	0,24	0,22
17	6	13	ССК	15	2	3	12.2	40	0,10	0,19
18	11	12	ССК	16	2	5	13	40	0,28	0,24
19	10	31	ВСК	25	3	8	31	30	0,15	0,21
20	8	12	ССК	15	1	5	13	50	0,19	0,25
21	8	26	ВСК	30	2	3	26	30	0,23	0,27
22	5	14	ССК	17	2	4	13.5	40	0,13	0,23
23	6	32	ВСК	30	3	5	32	30	0,26	0,26
24	7	5	МСК	4	1	3	5	50	0,17	0,28

Умовні позначення: ВСК, ССК, МСК – великий, середній та малий складські комплекси відповідно

Таблиця А.2 – Вихідні дані для розрахунку центру вантажообігу та витрат на будівництво складу

Вар	Постачальники			Клієнти				Витрати на будівництво складу, тис. грн.			
	P1	P2	P3	K1	K2	K3	K4	ВЗД	ВБР	ВСТР	ОСТ
1	(10;40;50;2)	(50;20;30;3)	(30;60;25;2)	(60;60;40;4)	(20;10;60;2)	(70;30;35;3)	(40;70;45;2)	850	5200	740	3100
2	(12;38;55;3)	(48;18;28;2)	(28;58;22;3)	(62;62;42;4)	(22;12;58;3)	(68;28;33;2)	(42;68;47;3)	920	5450	780	3250
3	(15;35;60;2)	(55;25;25;3)	(35;55;20;2)	(65;55;45;4)	(25;15;55;2)	(75;35;30;3)	(45;65;50;2)	780	4980	690	2950
4	(18;42;48;3)	(52;22;32;2)	(32;62;27;3)	(72;58;46;4)	(28;18;52;2)	(78;38;31;3)	(48;72;44;2)	960	5620	820	3380
5	(14;36;62;2)	(46;24;27;3)	(26;56;24;2)	(66;54;44;3)	(24;14;56;2)	(74;34;36;4)	(46;66;48;3)	1020	5900	860	3520
6	(16;44;52;3)	(54;26;33;2)	(36;64;29;3)	(74;64;48;3)	(26;16;50;2)	(80;40;38;4)	(50;74;46;2)	880	5300	760	3180
7	(11;39;58;2)	(49;19;29;3)	(29;59;26;2)	(69;57;41;4)	(21;11;59;3)	(77;37;34;2)	(41;69;49;3)	910	5480	800	3300
8	(19;41;47;3)	(51;21;31;2)	(31;61;28;3)	(71;59;43;4)	(29;19;53;2)	(79;39;37;3)	(49;71;45;2)	970	5750	840	3450
9	(13;37;61;2)	(47;23;26;3)	(27;57;23;2)	(67;53;47;3)	(23;13;57;2)	(73;33;35;4)	(43;67;52;3)	890	5400	770	3220
10	(21;43;49;3)	(53;27;34;2)	(33;63;30;3)	(73;63;49;4)	(27;17;51;2)	(81;41;39;3)	(51;73;47;2)	830	5100	720	3000
11	(17;34;63;2)	(44;16;24;3)	(24;54;21;2)	(64;52;46;4)	(19;9;54;3)	(71;31;32;2)	(39;64;50;3)	1050	6020	880	3600
12	(22;46;45;3)	(56;28;36;2)	(36;66;31;3)	(76;66;52;4)	(32;22;48;2)	(84;44;40;3)	(54;76;46;2)	990	5850	850	3500
13	(9;33;65;2)	(43;14;23;3)	(23;53;19;2)	(63;51;43;3)	(18;8;60;2)	(69;29;30;4)	(37;63;55;3)	870	5250	750	3150
14	(24;47;44;3)	(57;29;37;2)	(37;67;33;3)	(77;67;54;4)	(34;24;46;2)	(85;45;42;3)	(55;77;48;2)	940	5600	810	3350
15	(8;32;67;2)	(42;13;22;3)	(22;52;18;2)	(62;49;41;4)	(17;7;62;3)	(68;27;29;2)	(36;62;57;3)	1010	5950	870	3550
16	(26;48;43;3)	(58;30;38;2)	(38;68;34;3)	(78;68;55;4)	(36;26;45;2)	(86;46;43;3)	(56;78;49;2)	820	5050	710	2980
17	(7;31;68;2)	(41;12;21;3)	(21;51;17;2)	(61;48;40;3)	(16;6;63;2)	(67;26;28;4)	(35;61;58;3)	900	5380	780	3200
18	(28;49;42;3)	(59;31;39;2)	(39;69;35;3)	(79;69;56;4)	(38;28;44;2)	(87;47;44;3)	(57;79;50;2)	980	5800	845	3470
19	(6;30;70;2)	(40;11;20;3)	(20;50;16;2)	(60;47;39;3)	(15;5;65;2)	(66;25;27;4)	(34;60;60;3)	860	5200	735	3100
20	(30;50;41;3)	(60;32;40;2)	(40;70;36;3)	(80;70;58;4)	(40;30;43;2)	(88;48;45;3)	(58;80;52;2)	930	5520	805	3320
21	(5;29;72;2)	(39;10;19;3)	(19;49;15;2)	(59;46;38;3)	(14;4;67;2)	(65;24;26;4)	(33;59;62;3)	1000	6000	890	3620
22	(32;51;40;3)	(61;33;41;2)	(41;71;37;3)	(81;71;60;4)	(42;32;42;2)	(89;49;46;3)	(59;81;53;2)	840	5150	725	3050
23	(4;28;74;2)	(38;9;18;3)	(18;48;14;2)	(58;45;37;3)	(13;3;69;2)	(64;23;25;4)	(32;58;64;3)	915	5460	790	3280
24	(34;52;39;3)	(62;34;42;2)	(42;72;38;3)	(82;72;62;4)	(44;34;41;2)	(90;50;47;3)	(60;82;54;2)	970	5700	835	3420

ВЗД – вартість земельної ділянки; **ВБР** - вартість будівельних робіт; **ВСТР** - вартість санітарно-технічних робіт; **ОСТ** - обладнання та складська техніка

Таблиця А.3 – Вихідні дані для розрахунку витрат на експлуатацію складу

Показник / Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Площа складу, м²	120	150	100	180	200	130	160	140	170	90	210	190
Оренда 1 м², грн/місяць	150	130	170	155	190	185	165	170	200	160	140	125
Термін оренди, місяців	7	10	12	5	7	5	6	4	6	10	7	6
Кількість працівників, осіб	12	15	10	18	20	13	16	14	17	9	21	19
Середня зарплата, грн	18000	19500	17500	20500	22000	18200	19800	18800	20200	17000	22500	21000
Нарахування на ЗП, %	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Електроенергія, кВт/міс	9500	11200	8200	13500	15000	9700	12000	10500	12800	7000	15800	14200
Тариф, грн/кВт·год	4.2	4.3	4.1	4.4	4.5	4.2	4.3	4.2	4.4	4.0	4.6	4.5
Охорона, грн/міс	25000	30000	22000	34000	38000	26000	31000	28000	33000	20000	40000	36000
Інші накладні, грн/рік	420000	480000	390000	520000	610000	430000	500000	460000	515000	350000	640000	590000
Змінні витрати, тис. грн/рік	5200	6100	4700	7200	8600	5400	6500	5900	7000	4200	9100	8100
Базовий обсяг, тис. грн	25900	29400	22400	35000	42000	26600	30800	28700	33600	21000	44800	39900
Зростання проектного обсягу, %	12	15	10	18	20	14	16	13	17	8	22	19
Показник / Варіант	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Площа складу, м²	125	155	175	110	145	165	135	185	205	95	150	170
Оренда 1 м², грн/місяць	180	150	120	175	195	115	155	120	135	165	190	130
Термін оренди, місяців	5	6	5	4	6	7	5	6	7	3	5	6
Кількість працівників, осіб	12	15	17	11	14	16	13	18	20	9	15	17
Середня зарплата, грн	18000	19500	20500	17800	19000	19800	18200	20800	22200	17200	19300	20500
Нарахування на ЗП, %	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Електроенергія, кВт/міс	9200	11500	13000	8500	10800	12200	9600	13800	15200	7300	11800	12900
Тариф, грн/кВт·год	4.2	4.3	4.4	4.1	4.2	4.3	4.2	4.4	4.5	4.0	4.3	4.4
Охорона, грн/міс	25500	30000	33500	23000	28500	31500	26000	34500	39000	21000	30500	33000
Інші накладні, грн/рік	415000	470000	520000	400000	455000	500000	435000	560000	620000	360000	480000	525000
Змінні витрати, тис. грн/рік	5300	6200	7100	4900	6000	6700	5500	7800	8900	4400	6300	7050
Базовий обсяг, тис. грн	25200	30100	34300	23800	28000	32200	27300	37800	43400	21700	29400	32900
Зростання проектного обсягу, %	11	15	18	9	14	16	12	18	21	7	15	17

Таблиця А.4 – Вихідні дані для вибору параметрів складського приміщення для обробки вантажопотоку

Показник / Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Середній вантажопотік, т/міс (Q_c)	1200	800	950	1100	1000	850	900	1150	1250	950	1050	1000
Коефіцієнт нерівномірності (K_n)	С	В	С	С	М	В	С	М	М	В	С	В
Габарити вантажної одиниці, м ($l \times w \times h$)	1,2×0,8 ×0,9	1,0×0,8 ×0,6	1,0×1,0 ×1,2	1,2×1,0 ×1,2	1,0×0,8 ×1,0	1,0×0,8 ×0,9	1,0×1,0 ×1,2	1,2×0,8 ×1,0	1,2×1,0 ×1,2	1,0×0,8 ×1,0	1,2×0,8 ×1,2	1,2×0,8 ×1,0
Середня маса вантажної одиниці, кг	150	120	200	250	180	160	220	200	250	180	220	200
Допустиме навантаження на підлогу складу, т/м ² (q_{don})	0,8	0,75	0,7	0,9	0,8	0,75	0,7	0,8	0,9	0,75	0,85	0,8
Показник / Варіант	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Середній вантажопотік, т/міс. (Q_c)	1500	1200	1250	1000	1100	1150	950	1250	1300	1000	1100	1200
Коефіцієнт нерівномірності (K_n)	С	М	В	В	С	М	В	М	М	В	С	М
Габарити вантажної одиниці, м ($l \times w \times h$)	1,0×1,0 ×1,2	1,2×0,8 ×1,2	1,2×1,0 ×1,2	1,0×1,0 ×1,2	1,0×0,8 ×1,0	1,2×0,8 ×1,0	1,0×1,0 ×1,2	1,2×0,8 ×1,2	1,2×1,0 ×1,2	1,0×1,0 ×1,2	1,2×0,8 ×1,2	1,2×1,0 ×1,2
Середня маса вантажної одиниці, кг	220	250	260	200	180	200	220	250	260	200	250	260
Допустиме навантаження на підлогу складу, т/м ² (q_{don})	0,7	0,85	0,9	0,7	0,75	0,8	0,7	0,85	0,9	0,7	0,85	0,9

Умовні позначення: М – мала нерівномірність вантажопотоків ($K_n = 1-1,1$); С – середня нерівномірність вантажопотоків ($K_n = 1,1-1,3$); В – висока нерівномірність вантажопотоків ($K_n = 1,3-1,5$)

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Вихідні дані для розрахунку складського обладнання для зберігання штучних вантажів

Показник / Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Коефіцієнт використання площі складу (k)	0,65	0,67	0,70	0,72	0,68	0,66	0,71	0,73	0,69	0,74	0,75	0,70
Довжина стелажа, м (l_{cm})	2,5	2,7	3,0	2,8	2,6	2,9	3,2	2,5	2,7	3,0	2,8	2,6
Ширина стелажа, м (b_{cm})	1,1	1,2	1,0	1,3	1,1	1,2	1,3	1,0	1,1	1,2	1,3	1,1
Висота стелажа, м (h_{cm})	6	7	8	6	7	8	9	6	7	8	9	7
Коефіцієнт заповнення об'єму стелажа (β_{cm})	0,75	0,82	0,75	0,83	0,84	0,86	0,87	0,81	0,82	0,85	0,86	0,84
Об'ємна вага продукції на палеті, т/м ³ ($j_{нал}$)	0,45	0,50	0,55	0,48	0,52	0,47	0,60	0,46	0,51	0,54	0,58	0,49
Термін зберігання вантажу, дн. ($t_{зб}$)	10	9	7	9	10	8	10	7	8	10	9	8
Об'ємна вага вантажу в комірці, т/м ³ ($j_{ком}$)	0,40	0,45	0,50	0,48	0,46	0,52	0,55	0,43	0,47	0,49	0,54	0,44
Коефіцієнт заповнення комірки ($\beta_{ком}$)	0,75	0,78	0,80	0,77	0,79	0,81	0,83	0,76	0,78	0,80	0,82	0,79
Кількість комірок у стелажі (n_k)	24	28	32	26	30	34	36	24	28	32	36	30
Параметр	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Коефіцієнт використання площі складу (k)	0,68	0,72	0,71	0,73	0,69	0,67	0,74	0,76	0,70	0,71	0,68	0,72
Довжина стелажа, м (l_{cm})	2,9	3,1	2,7	2,8	3,0	2,6	2,7	2,9	3,1	2,8	2,6	3,0
Ширина стелажа, м (b_{cm})	1,2	1,0	1,3	1,1	1,2	1,0	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,3
Висота стелажа, м (h_{cm})	6	8	7	9	8	6	7	9	8	7	6	8
Коефіцієнт заповнення об'єму стелажа (β_{cm})	0,73	0,77	0,75	0,76	0,72	0,71	0,78	0,77	0,74	0,75	0,73	0,76
Об'ємна маса продукції на піддоні, т/м ³ ($j_{нал}$)	0,53	0,57	0,50	0,56	0,52	0,47	0,59	0,61	0,48	0,54	0,55	0,53
Термін зберігання вантажу, дн. ($t_{зб}$)	10	8	9	9	10	8	8	7	7	9	10	9
Об'ємна вага вантажу у комірці, т/м ³ ($j_{ком}$)	0,51	0,53	0,45	0,56	0,50	0,42	0,57	0,58	0,46	0,52	0,48	0,55
Коефіцієнт заповнення комірки ($\beta_{ком}$)	0,77	0,84	0,80	0,82	0,78	0,76	0,85	0,86	0,79	0,81	0,77	0,83
Кількість комірок у стелажі (n_k)	26	34	28	36	32	24	38	40	30	34	28	36

Таблиця Б.2 - Вихідні дані для розрахунку основних параметрів роботи автонавантажувача

Показник / Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тип приводу	А	Е	А	А	А	Е	Е	Е	А	А	А	Е
Вантажопідйомність, т	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	1,5	2,0	2,8	3,2	4,5	5,0	1,8
Швидкість підйому вил, м/с	0,40	0,45	0,50	0,42	0,48	0,38	0,50	0,46	0,44	0,52	0,55	0,40
Швидкість руху з вантажем, км/год	18	19	20	17	18	16	21	19	18	17	16	20
Швидкість руху без вантажу, км/год	20	21	22	19	20	18	23	22	20	19	18	22
Радіус повороту, м	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,0	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,1
Максимальна висота підйому вил, м	4,5	5	4,5	5	6	5	4,5	4	7	6,5	7	5
Кут нахилу рами, °	3	4	5	3	3	5	5	6	6	4	5	6
Відстань транспортування вантажу, м	50	25	30	30	25	20	25	30	25	35	40	45
Маса переміщуваного вантажу, т	1,2	1,5	2,2	2,3	3,5	1,0	1,2	2,3	2,5	3,2	4,5	1,2
Коефіцієнт використання робочого часу механізмів	0,85	0,82	0,89	0,85	0,84	0,91	0,95	0,96	0,88	0,89	0,92	0,91
Коефіцієнт використання парку механізмів	0,95	0,94	0,85	0,95	0,92	0,85	0,88	0,87	0,85	0,74	0,82	0,88
Показник / Варіант	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Тип приводу	А	А	А	А	Е	А	А	А	Е	Е	Е	Е
Вантажопідйомність, т	2,3	3,0	3,8	4,2	2,6	3,4	4,8	5,5	1,6	2,1	2,9	3,6
Швидкість підйому вил, м/с	0,43	0,47	0,49	0,51	0,45	0,48	0,53	0,56	0,37	0,41	0,44	0,50
Швидкість з вантажем, км/год	18	19	18	17	20	18	16	15	17	18	19	18
Швидкість без вантажу, км/год	21	21	20	19	23	21	18	17	19	20	22	21
Радіус повороту, м	2,3	2,4	2,6	2,7	2,4	2,5	2,8	3,0	2,0	2,2	2,4	2,6
Максимальна висота підйому вил, м	4	6	7	7	5,5	6	6	6	4,5	4	4	5
Кут нахилу рами, °	5	6	4	5	4	6	5	4	5	6	4	4
Відстань транспортування вантажу, м	35	45	50	50	35	45	35	45	40	50	30	20
Маса переміщуваного вантажу, т	1,5	1,5	2,5	3,5	2,0	2,5	3,2	3,5	0,7	1,3	1,5	2,2
Коефіцієнт використання робочого часу механізмів	0,95	0,85	0,87	0,92	0,88	0,85	0,92	0,85	0,91	0,9	0,88	0,89
Коефіцієнт використання парку механізмів	0,89	0,85	0,95	0,84	0,85	0,9	0,85	0,84	0,75	0,86	0,88	0,92

Умовні позначення: А – автонавантажувач, Е – електронавантажувач

Таблиця Б.3 - Вихідні дані для розрахунку показників моделі управління запасами

Показник / Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Модель управління запасами	ФРЗ	ФПЗ	ПВР	ММ	ФРЗ	ФПЗ	ПВР	ММ	ФРЗ	ФПЗ	ПВР	ММ
Кількість запасів на складі ($Q_{заг}$), у.в.о.	1200	1050	1500	1560	1210	1450	1600	1750	1520	1800	2000	2200
Річний оборот ресурсу (Q_p), у.в.о.	820	950	1100	1250	980	1350	1500	1680	1420	1560	1750	1880
Витрати на замовлення ($C_{зам}$), грн	150	180	200	220	160	170	180	200	250	300	320	340
Витрати на зберігання, ($C_{зб}$), грн/ у.в.о.	380	400	500	580	410	620	600	400	430	520	620	450
Ціна товару (U), грн./ у.в.о.	240	255	270	285	300	315	330	345	360	375	390	405
Час затримки поставки ($T_{затр}$), дн.	1	2	1	3	2	3	2	4	3	2	4	3
Кількість робочих днів (D_p), дн.	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Час виконання замовлення ($T_{вз}$), дн.	3	4	5	4	6	5	4	7	5	6	7	5
Інтервалу між замовленнями (ΔT), дн.	12	14	16	18	15	17	19	21	18	20	22	24
Очікуване споживання (OC), у.в.о.	10	15	22	20	24	27	24	34	28	31	49	38
Залишки ресурсів на складі ($ПЗ$), у.в.о.	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Показник / Варіант	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Модель управління запасами	ФРЗ	ФПЗ	ПВР	ММ	ФРЗ	ФПЗ	ПВР	ММ	ФРЗ	ФПЗ	ПВР	ММ
Кількість запасів на складі ($Q_{заг}$), у.в.о.	2100	980	2200	2500	2300	2150	2700	2650	2320	2650	2530	2650
Річний оборот ресурсу (Q_p), у.в.о.	1600	1740	1890	2050	1820	1980	2140	2280	1950	2100	2250	2380
Витрати на замовлення ($C_{зам}$), грн	360	380	200	220	240	260	280	300	220	240	260	280
Витрати на зберігання, ($C_{зб}$), грн/ у.в.о.	450	500	440	550	650	570	600	500	650	700	600	650
Ціна товару (U), грн./ у.в.о.	420	435	450	465	480	495	510	525	540	555	570	585
Час затримки поставки ($T_{затр}$), дн.	5	4	3	5	4	6	5	4	6	5	7	6
Кількість робочих днів (D_p), дн.	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Час виконання замовлення ($T_{вз}$), дн.	8	6	7	8	6	9	7	8	9	7	10	8
Інтервалу між замовленнями (ΔT), дн.	21	23	25	27	24	26	28	30	27	29	31	33
Очікуване споживання (OC), у.в.о.	51	42	53	67	44	71	60	73	70	59	90	76
Залишки ресурсів на складі ($ПЗ$), у.в.о.	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170

Умовні позначення та скорочення: ФРЗ – модель з фіксованим розміром замовлення; ФПЗ – модель фіксованою періодичністю замовлення, ПВР – модель з установленою періодичністю поповнення запасів до визначеного рівня; ММ – модель «мінімум – максимум»; у.в.о. – умовна вантажна одиниця

Електронне навчальне видання

**Володимир Андрійович Макаров
Тамара Володимирівна Макарова
Сергій Володимирович Цимбал**

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт
з дисципліни «Логістика транспортно-складських процесів»
зі спеціальності «Автомобільний транспорт» (освітня
програма «Транспортна логістика»)**

Рукопис оформила Т. Макарова

Редактор Н. Кравчук

Оригінал-макет виготовлено в РВВ ВНТУ

Підписано до видання 08.07.2026 р.
Гарнітура Times New Roman.
Зам. № P2026-087

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.
press.vntu.edu.ua;
Email: rvv.vntu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК No 3516 від 01.07.2009 р.