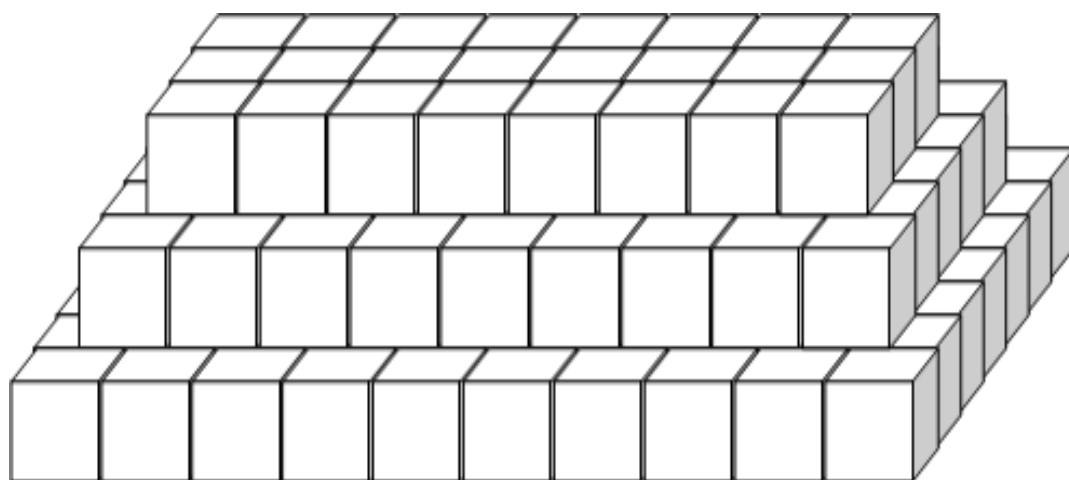


В. І. ТИХОНІН



УПРАВЛІННЯ ТЕРМІНАЛЬНИМИ І ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКИМИ СИСТЕМАМИ



Одеса – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МОРСЬКОГО БІЗНЕСУ
Кафедра «Управління портовою і сервісною діяльністю
на водному транспорті»

Навчальний посібник

для проведення занять, виконання практичних завдань та організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти з дисципліни «Управління термінальними і транспортно-складськими системами»

Спеціальність: 275 «Транспортні технології (за видами)»

Спеціалізація: 275.01 «на морському та річковому транспорті»

Спеціальність: J5 «Морський та внутрішній водний транспорт»

Спеціалізація: J5.05 «Транспортні технології на морському та внутрішньому водному транспорті»

**УДК 656.614.3,073(075.8)DOI:
10.47049/ONMU-2026-NP5**

Автор: **Тихонін Володимир Іванович** – старший викладач кафедри «Управління портовою і сервісною діяльністю на водному транспорті» Навчально-наукового інституту морського бізнесу (ННІМБ) Одеського національного морського університету, доцент ОНМУ.

Навчальний посібник для проведення занять, виконання практичних завдань та самостійної роботи здобувачів вищої освіти з дисципліни «Управління термінальними і транспортно-складськими системами» розглянуто та схваленого до друку:

– кафедрою «Управління портовою і сервісною діяльністю на водному транспорті» ННІМБ ОНМУ 30 березня 2026 р. (протокол № 29).

– навчально-методичною комісією (НМК) ННІМБ ОНМУ 14 квітня 2026 р. (протокол № 7).

– Вченою Радою ННІМБ ОНМУ 14 квітня 2026 р. (протокол № 11).

Рекомендовано Вченою Радою Одеського Національного морського університету як навчальний посібник 22 квітня 2026 р. (протокол № 12).

Рецензенти:

КУЗЬМЕНКО Сергій Валентинович, декан факультету транспорту і будівництва Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, к. т. н., доцент, професор кафедри ЗАТіПТМ.

УБІЙСЬКИЙ Ігор Леонідович, директор з експлуатації ТОВ «Новотех-Термінал» Одеського порту.

РЕШЕТКОВ Дмитро Миколайович, професор кафедри «Управління портовою і сервісною діяльністю на водному транспорті» Навчально-наукового інституту морського бізнесу Одеського національного морського університету, к. т. н., доцент, професор ОНМУ.

Тихонін В. І.

Управління термінальними і транспортно-складськими системами: навчальний посібник для проведення занять, виконання практичних завдань та самостійної роботи здобувачів вищої освіти. – Одеса: «Магістр», 2026. – 102 с.

У навчальному посібнику розглянуті методики: розрахунку параметрів штабелів та складів для генеральних вантажів, зерна, лісоматеріалів, контейнерного та нафтоналивного термінала, холодильного підприємства; визначення виду сховищ, тари й транспортних засобів для нафтопродуктів; вимоги при формування штабелів генеральних вантажів.

Практичні завдання, що розглядаються у навчальному посібнику та пов'язані з ними теоретичні питання, забезпечують набуття здобувачами вищої освіти знань, умінь та навичок в області визначення параметрів складів різних типів взагалі та їх окремих складових, а також стимулювання самоосвіти і здобуття умінь використовувати нові знання в подальшій практичній діяльності.

Посібник може бути корисним для викладачів транспортних закладів вищої освіти, аспірантів, а також фахівців, які працюють у сфері ринку транспортних послуг та морського бізнесу, підвищують свою кваліфікацію або здобувають другу вищу освіту.

Зміст

Вступ	3
Загальні методичні вказівки до виконання практичних робіт	4
Практична робота № 1. Визначення розмірів основи штабеля	5
Практична робота № 2. Розрахунок валового навантаження	17
Практична робота № 3. Визначення ємності складу	26
Практична робота № 4. Визначення лінійних розмірів складу	28
Практична робота № 5. Визначення параметрів контейнерного терміналу .	33
Практична робота № 6. Визначення параметрів холодильного підприємства	46
Практична робота № 7. Визначення місткості складів для зерна	52
Практична робота № 8. Визначення параметрів нафтоналивного терміналу	64
Практична робота № 9. Визначення виду сховищ, тари й транспортних засобів для нафтопродуктів	68
Практична робота № 10. Визначення поштучного об'єму круглих лісоматеріалів	76
Практична робота № 11. Групове визначення об'єму круглих лісоматеріалів	83
Практична робота № 12. Формування штабелів генеральних вантажів	92
Перелік літератури	100

Вступ

Навчальний посібник для проведення занять, виконання практичних завдань та організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти з дисципліни «Управління термінальними і транспортно-складськими системами» має на меті одержання ними знань і практичних навичок щодо особливостей структури, побудови і функціонування складів різних типів.

Під час проведення практичних занять та самостійного опанування окремих розділів навчального посібника здобувачі вищої освіти повинні отримати знання щодо:

- особливостей визначення розмірів штабелів генеральних вантажів, їх форми та розрахунку валового навантаження для них;
- визначення ємності лінійних розмірів складу для генеральних та навалювальних вантажів;
- обґрунтування параметрів контейнерного терміналу та розрахунку складу холодильного підприємства;
- визначення місткості складів для зерна різних типів та конструкції;
- зробити обґрунтування вибору виду сховищ, тари й транспортних засобів для нафтопродуктів та розрахувати параметри нафтоналивного терміналу для деяких їх видів;
- опанувати методикою поштучного визначення об'єму круглих лісоматеріалів, розрахунку їх кількості на складі та в транспортних засобах;
- з'ясувати особливості та вимоги при формування штабелів поштучних вантажів.

Загальні методичні вказівки до виконання практичних робіт

Призначення практичних робіт – закріплення пройденого теоретичного матеріалу та розвиток навичок виконання досліджень прикладного характеру.

Звітністю по виконаній роботі є протокол, який виконується на окремих листах та підписується, тобто вказуються: факультет, курс, група, прізвище та ініціали студента;

Допускається оформлення всіх протоколів в одному загальному зошиті, тоді підписується не кожний протокол, а тільки зошит – один раз.

При оформленні протоколу по кожній роботі вказуються:

- ✓ номер та найменування роботи;
- ✓ мета роботи;
- ✓ номер варіанта;
- ✓ вихідні данні за варіантом;
- ✓ розрахунки з виконання роботи.

★ При проведенні розрахунків, наводиться розрахункова формула, у неї підставляються вихідні значення і отриманий результат розрахунку.

Для вихідних даних (при їх наведенні в протоколі) і результатів розрахунку вказуються одиниці виміру.

Наприклад:

$$V_M = \ell_M \cdot b_M \cdot h_M = 0,5 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ м}^3.$$

При виконанні розрахунків, ділення записується в вигляді дроби або з використанням косої риски (/), використання двокрапки (:) **не допускається**.

Наприклад:

$$U_M = V_M / g_M = 0,06 / 0,033 = 1,818 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Розрахунки здійснюються з точністю, яка обумовлена вимірювальними приладами; ціною ділення шкал, діаграм і номограм; розмірністю (величиною) вимірюваного (розрахункового) показника:

- ✓ розмірів (довжини, ширини, висоти, осідання судна й ін.) – які виражені в метрах з точністю до 1 мм, у сантиметрах – до 0,1 мм, у міліметрах – до 0,01 мм;
- ✓ маси (ваги) – вираженої в кілограмах – до 1 г, у тоннах – до 1 кг;
- ✓ об'ємних (об'єми, питомі об'єми, щільність, густина) та інших розрахункових показників – визначається розмірністю вихідних величин. При наявності цілої частини – не менш трьох значущих цифр (відмінних від нуля) після коми, а при відсутності цілої частини – не менш п'яти.

Протокол є *основою* для співбесіди з викладачем після закінчення виконання роботи й одержання заліку (відмітки) з неї.

Конкретні вказівки щодо виконання кожної роботи наведені в інструкціях, з якими студент зобов'язаний ознайомитися на занятті.

Спочатку студент **підписує** роботу (протокол) та вказує в ньому:

- ✓ найменування та помер роботи;
- ✓ мета роботи;
- ✓ номер варіанта.

Після чого **уважно** читає розділ «Загальні вказівки», звертаючи увагу на показники та особливості їх визначення (якщо вони є).

Дійшовши до напису «Порядок виконання роботи» – **випишує** вихідні данні по заданому варіанту та приступає до розрахунків по виконанню роботи.

Практична робота № 1. Визначення розмірів основи штабеля

Мета роботи. Одержання студентами знань і практичних навичок визначення розмірів штабелів генеральних вантажів. У даній роботі студенти повинні розрахувати оптимальну довжину й ширину штабеля виходячи з його висоти й загальної кількості вантажних місць (ВМ).

Загальні вказівки. Розміри штабеля визначаються його об'ємом (кількістю ВМ у ньому) і формою.

Кількість вантажу (пакетів) у партії (її об'єм), що підлягає складуванню часто визначається розміром вагонного відправлення ($N_{\text{ВАГ}}$). Величина $N_{\text{ВАГ}}$ визначається нормою завантаження вагона цим вантажем і його масою в пакеті. Часто $N_{\text{ВАГ}}$ розраховується за умови, що вантаж прибуває не пакетований.

Форма штабеля генеральних вантажів визначається наявністю уступів.

Більшість штабелів генеральних вантажів формується з утворенням уступів, що в основному визначається правилами техніки безпеки (ТБ) й охорони праці в морських портах.

При невеликій висоті штабеля (до 2 м) уступи, як правило, не робляться, а штабель зовні виглядає як паралелепіпед. Якщо ж висота перевищує 2 м, то для стійкості штабель роблять з уступами. Вид і розміри уступу визначаються переважувальною технікою (навантажувач або кран), наявністю на штабелі людей, стійкістю окремих ВМ та ін.

Оптимізація розмірів штабеля виходить за рахунок мінімізації площі основи (підстави) $Y_Z \times X_Z$ (Y_Z на X_Z) штабеля, тобто $Y_Z \cdot X_Z \rightarrow \min$. При цьому ширина штабеля не може бути менш двох пакетів ($Y_Z \geq 2$), а довжина повинна бути рівної або більшої ширини, тобто $X_Z \geq Y_Z$.

При формуванні штабеля з пакетів вантажів застосовуються наступні правила:

– пакети складують довгою стороною ($l_{\text{П}}$) поперек штабеля (по ширині) і відповідно, короткої ($b_{\text{П}}$) по довжині;

– кожний наступний уступ по довжині штабеля (X) робиться на один (1) пакет з кожної сторони;

– кожний наступний уступ по ширині штабеля (Y) робиться на половину (1/2) пакета з кожної сторони.

При оптимізації використовуються наступні величини:

Z – кількість уступів ($Z = 2$ або 3 ; $Z = 1$, тільки якщо $m_h = 1$);

S – кількість пакетів по висоті в одному уступі;

m_h – кількість рядів пакетів по висоті штабелю, од.;

Y, X – кількість пакетів по ширині й довжині верхнього уступу;

Y_Z, X_Z – кількість пакетів по ширині й довжині нижнього уступу (підстави).

Нижче наведені схематичні зображення зовнішніх видів штабелів з розміщенням ВМ по довжині (X) і ширині (Y) та залежність між значеннями Y, X і Y_Z ,

X_Z при $Z = 2$ (рис. 1,а, 1,б) і при $Z = 3$ (рис. 1,в, 1,г).

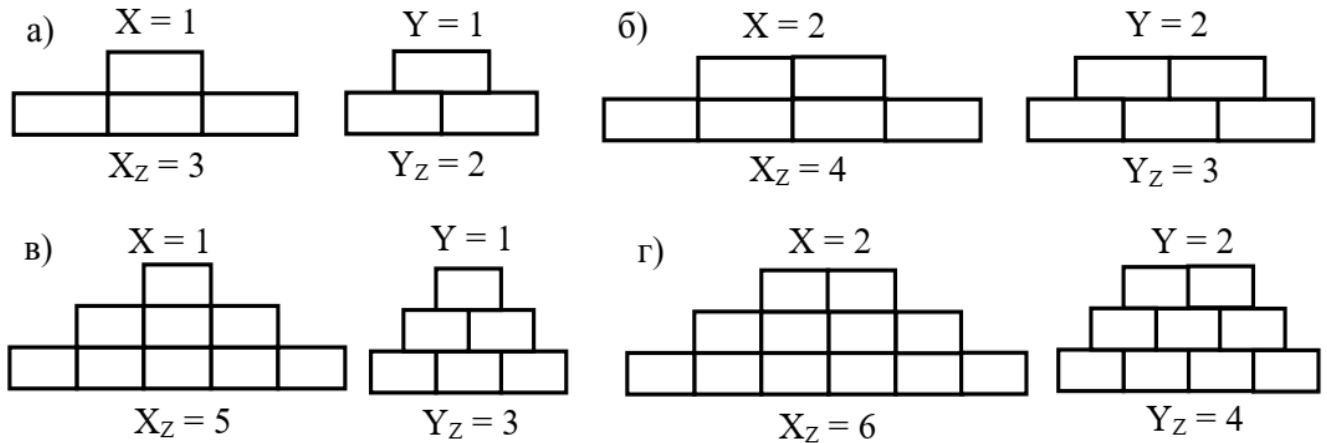


Рисунок 1 – Приклади форми штабеля по довжині й ширині

При значенні $m_h > 5$, величина Z приймається рівною 3. Якщо при $Z = 3$ не виходить знайти оптимальну пару, то в записці приводяться необхідні побудови й розрахунки, обґрунтовується неприйнятність $Z = 3$, після чого приймається $Z = 2$ і розрахунки повторюються.

Залежно від значень m_h визначається значення Z і S (рис. 2), причому повинне виконуватися умова $Z \cdot S \geq m_h$.

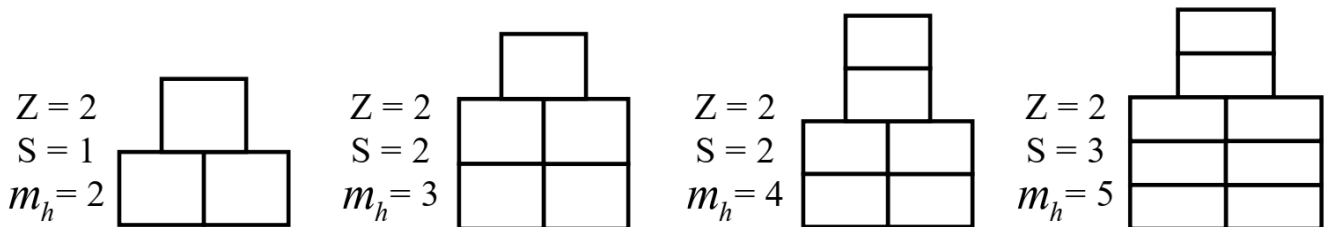


Рисунок 2 – Приклади форми штабеля залежно від m_h і S при $Z = 2$

Коли добуток Z на S більше m_h , то в нижньому шарі (уступі) розташовується кількість пакетів яка дорівнює S , а у верхньому – залишок ($m_h - S$) (рис. 2, приклад 2 і 4). Тобто, у нижньому уступі число пакетів по висоті не може бути меншим, ніж у верхньому уступі. Якщо $Z = 3$, то в першому (нижньому) і другому уступі кількість пакетів по висоті однакова (дорівнює S), а в третьому (верхньому) не більше ніж у кожному з тих, що лежать нижче – залишок ($m_h - 2 \cdot S$).

У протоколі для кожного вантажу та складу приводиться схематичне зображення кількості уступів Z , кількість пакетів у кожному уступі S і вказується: для якого воно вантажу та складу й чому рівні значення m_h , Z , S . Достатньо одного зображення по ширині або по довжині штабеля (див. рис. 2).

Основне призначення таких рисунків – чітко визначення кількості уступів (Z) і кількість пакетів по висоті в кожному уступі. Кількість пакетів по висоті у верхньому уступі не повинне перевищувати кількість пакетів по висоті кожного

окремого нижче лежачого уступу. Для поставленого завдання не доцільно на рисунках зображувати в самому верхньому ряді (уступі) більше одного пакета по довжині або ширині, тобто $X = 1$ і $Y = 1$ (див. рис. 1,а, рис. 1,в, рис. 2).

Мінімізація площі підстави штабеля здійснюється за допомогою графічного методу.

Залежність $N_{\text{ВАГ}}$ від X , Y , Z і S при раніше зазначених умовах формування уступів, має такий вигляд

$$N_{\text{ВАГ}} = S \cdot \sum_{k=1}^Z (X + 2 \cdot k - 2) \cdot (Y + k - 1)$$

Зробивши перетворення, шляхом ділення правої й лівої частини на S , одержимо:

$$N' = \begin{cases} N_{\text{ВАГ}} / S, & \text{якщо } m_h \text{ кратне } Z; \\ N_{\text{ВАГ}} / (m_h / Z), & \text{якщо } m_h \text{ не кратне } Z, \end{cases}$$

де N' – число умовних пакетів, що становлять (складають) штабель (N' може бути дробовим числом);

$$N'' = \sum_{k=1}^Z (X + 2 \cdot k - 2) \cdot (Y + k - 1).$$

Для кожного вантажу на кожному складі залежно від m_h уже раніше визначені S і Z (див. рис. 2), тому можна розрахувати N' і N'' .

Розрахунок значення N' для всіх вантажів на всіх складах **приводиться** в протоколі.

Далі, залежно від значення Z , послідовно, дорівнюючи значення $Y = 1, 2, 3, 4$ і т. д., знаходяться рівняння N'' .

Наприклад: $Z = 2$, $Y = 1$. Підставляючи значення k , одержимо:

$$\begin{aligned} N''_{Y=1} &= \sum_{k=1}^2 (X + 2 \cdot k - 2) \cdot (Y + k - 1) = (X + 2 \cdot 1 - 2) \cdot (1 + 1 - 1) + \\ &+ (X + 2 \cdot 2 - 2) \cdot (1 + 2 - 1) = X + (X + 2) \cdot 2 = 3 \cdot X + 4. \end{aligned}$$

Прийнявши величину $Y = 2, 3, 4$ і т. д., підставляючи значення k і провівши перетворення, одержимо

$$\begin{aligned} N''_{Y=2} &= 5 \cdot X + 6; & N''_{Y=3} &= 7 \cdot X + 8; \\ N''_{Y=4} &= 9 \cdot X + 10; & N''_{Y=5} &= 11 \cdot X + 12; \\ N''_{Y=6} &= 13 \cdot X + 14; & N''_{Y=7} &= 15 \cdot X + 16. \end{aligned}$$

Графіки будуються для кожного вантажу. Допускається, якщо це можливо, суміщення декількох вантажів на одному рисунку, із вказівкою найменування вантажу й шифру складу для кожної лінії N' на графіку. Графік функції $N'' = f(X, Y = \text{const})$ у загальному виді представлений на рис. 3.

По вертикалі відкладаємо значення N' , по горизонталі значення X та наносимо їх на графік.

При побудові графіка, масштаб вибирається так, щоб максимальні (крайні) значення N' і X були якнайближче до границь поля тексту й графік займав всю сторінку. Максимальне значення X (крайнє праве) вибирається в залежності від N' з рівняння $N''_{Y=1} = 3 \cdot X + 4$. Для цього приймаємо що $N''_{Y=1} = N'$, та рішаємо надане рівняння відносно X (знаходимо його значення).

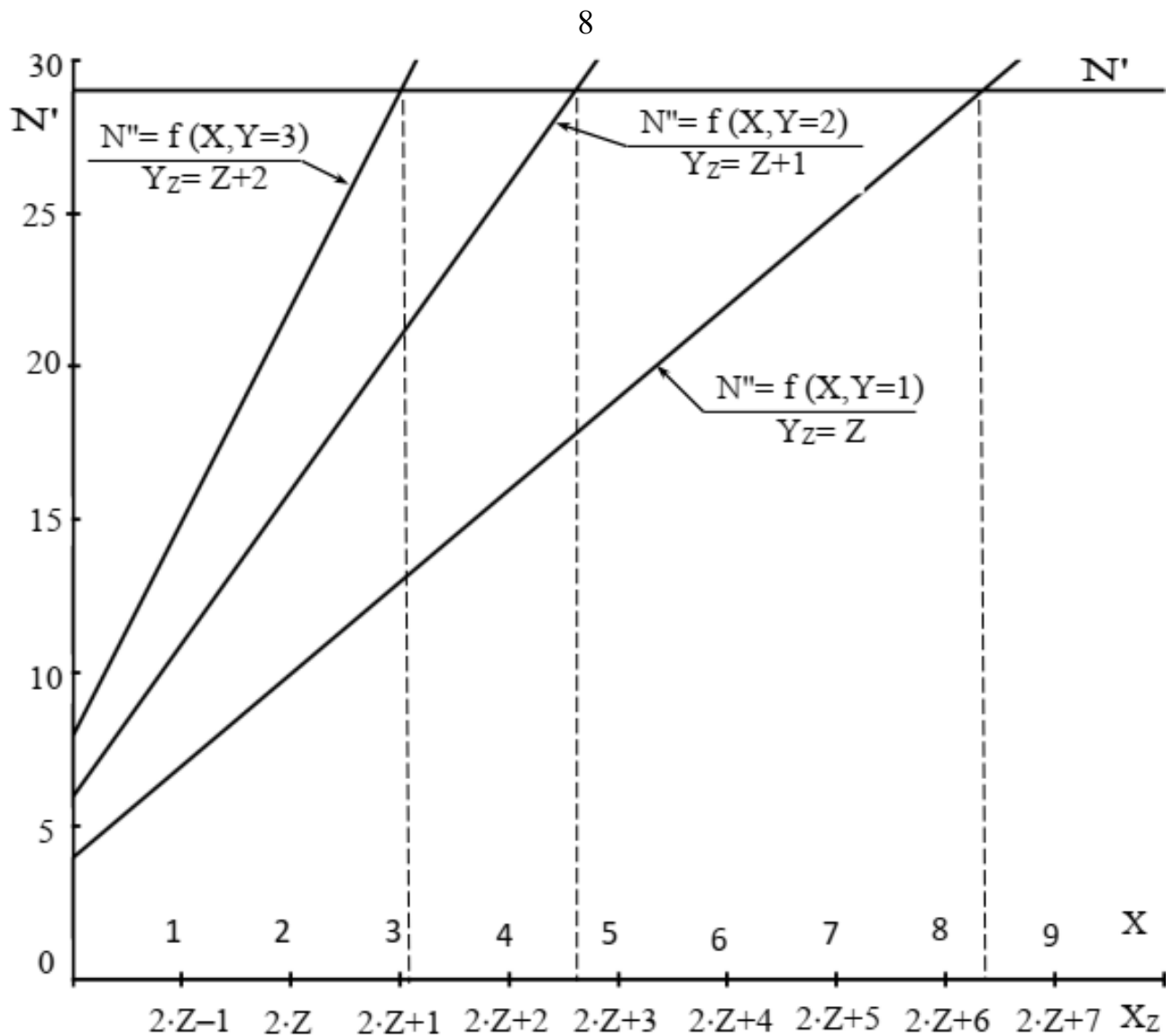


Рисунок 3 – Графік функції $N'' = f(X, Y = const)$

При суміщенні декількох вантажів і (або) складів на одному графіку, визначається максимальне значення N' , яке вибирається з декілька N' для вантажів і (або) складів що суміщаються.

Конкретні значення X (1, 2, 3, ... і т. д.) наноситься напроти відповідної відмітки горизонтальної шкали X – зверху (над нею). Ця горизонтальна шкала позначається зверху також літерою « X » (див. рис. 3, 4).

Далі будуються лінії N'' при різних значеннях Y в межах двох осей – X та N' (див. рис. 3, 4). Так як формула залежності N'' (N') від X є рівняння прямої лінії, то вона будується по двох (2) точках (при різних значеннях X).

Наприклад, $Y = 1$, рівняння $N''_{Y=1} = 3 \cdot X + 4$. Приймаємо $X = 0$, тоді $N''_{Y=1} = 3 \cdot 0 + 4 = 4$. Далі приймаємо $X = 4$, тоді $N''_{Y=1} = 3 \cdot 4 + 4 = 14$. Відмічаємо ці дві точки на полі графіка (в межах двох осей – X та N'). З'єднуємо їх і отримуємо нахилену пряму лінію $N'' = f(X, Y = 1)$. Аналогічно для інших ліній N'' при інших значеннях $Y = 2, 3, 4$ і т. д.

Над (для) кожною нахиленою лінією N'' зверху робиться напис « $N'' = f(X, Y = \dots)$ » з вказівкою значення Y , для якого вона побудована. Наприклад, $N'' = f(X, Y = 1)$, $N'' = f(X, Y = 2)$ і т. д. (див. рис. 5, 6).

Далі будемо (наносимо на поле графіка) горизонтальну пряму лінію, яка відповідає конкретному значенню N' .

При суміщенні декількох вантажів і (або) складів на одному графіку будуть декілька різних горизонтальних ліній N' . Вони підписуються для можливості їхньої ідентифікації й подальшого зняття значень X_Z і Y_Z для даного вантажу й складу. В цьому напису вказується назва вантажу та номер (№) складу, якому відповідає це значення N' (див. рис. 4). В написах також можна надавати тип піддону (2П2В або П4В) якщо це потрібно для ідентифікації відповідної лінії N' .

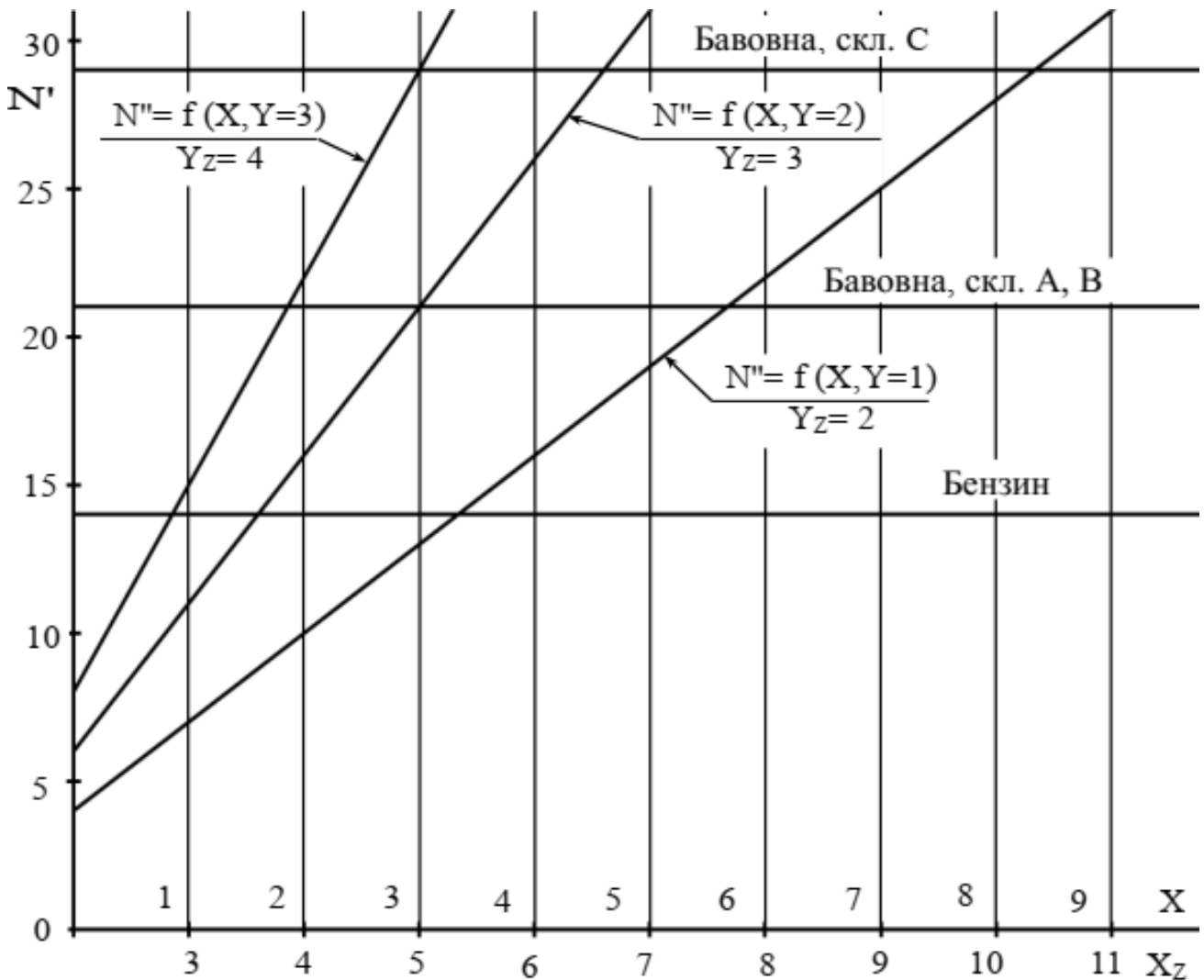


Рисунок 4 – Приклад побудови графіка $N'' = f(X, Y = const)$

В прикладі, що розглядається (рис. 4) фігурують 3 значення N' :

- для бавовни скл. А, В – $N' = 21$;
- для бавовни скл. С – $N' = 29$;
- для бензину – $N' = 14$.

Ці лінії та написи наносимо на поле графіку (див. рис. 4).

★ Після закінчення всіх побудов в межах двох осей – X та N' , на поле графіка наносяться значення Y_Z і X_Z .

Значення Y_Z і X_Z визначаються значенням Z . Так для кожного значення Y і X на рис. 3 приводиться рівняння, по якому визначається відповідне значення Y_Z і

X_Z в залежності від значення Z .

Значення X_Z (у вигляді розрахункового виразу) нанесено напроти відповідного значення (чисельного) горизонтальної осі X знизу (див. рис. 3):

- для $X = 1$, $X_Z = 2 \cdot Z - 1$;
- для $X = 2$, $X_Z = 2 \cdot Z$;
- для $X = 3$, $X_Z = 2 \cdot Z + 1$;
- для $X = 4$, $X_Z = 2 \cdot Z + 2$ і т. д.

Ця горизонтальна шкала позначається знизу літерою « X_Z » (див. рис. 3, 4).

Значення Y_Z (у вигляді розрахункового виразу) нанесено знизу відповідної лінії N'' для значення (чисельного) Y (див. рис. 3):

- для $Y = 1$, $Y_Z = Z$;
- для $Y = 2$, $Y_Z = Z + 1$;
- для $Y = 3$, $Y_Z = Z + 2$ і т. д.

Залежно від Z визначаються конкретні (чисельні) значення X_Z і Y_Z , які носяться на графік. Тобто в значення X_Z і Y_Z , представлені на графіку в загальному виді (рис. 3), підставляється значення Z , здійснюються розрахунки й отриманий результат наноситься на графік (рис. 4).

Наприклад. При $Z = 2$ отримуємо для осі X :

- для $X = 1$, $X_Z = 2 \cdot Z - 1 = 2 \cdot 2 - 1 = 3$;
- для $X = 2$, $X_Z = 2 \cdot Z = 2 \cdot 2 = 4$;
- для $X = 3$, $X_Z = 2 \cdot Z + 1 = 2 \cdot 2 + 1 = 5$;
- для $X = 4$, $X_Z = 2 \cdot Z + 2 = 2 \cdot 2 + 2 = 6$ і т. д.

Отримані чисельні значення X_Z наносяться на горизонтальну шкалу, яка розташована знизу та позначена літерою « X_Z » (див. рис. 4).

Для нахилених ліній N'' для значення Y при $Z = 2$:

- для $Y = 1$, $Y_Z = Z = 2$;
- для $Y = 2$, $Y_Z = Z + 1 = 2 + 1 = 3$;
- для $Y = 3$, $Y_Z = Z + 2 = 2 + 2 = 4$ і т. д.

Отримані чисельні значення Y_Z наносяться знизу відповідної лінії N'' (див. рис. 4).

З точок перетинання прямих N'' з горизонтальною прямою N' опускаються перпендикуляри до шкали X_Z (рис. 3).

При суміщенні декількох вантажів і (або) складів на одному графіку, замість перпендикулярів до шкали X_Z , на поле графіка наноситься масштабна сітка – вертикальні лінії на поле графіку (див. рис. 4) з точок X (X_Z). Це можливо для вантажів і складів, у яких значення Z однаково, тому що кут нахилу прямих N'' визначається значенням Z .

Приклад нанесення значень X_Z і Y_Z , масштабної сітки й підпису побудованих декілька ліній N' при $Z = 2$ на графіку функції $N'' = f(X, Y = \text{const})$, представлений на рис. 4.

Після нанесення значень X_Z і Y_Z , з графіку знімаються значення пар варіантів розмірів підстави штабелю $X_Z \times Y_Z$ (X_Z на Y_Z), які необхідні для подальшого визначення оптимальної пари.

Всі лінії на побудованих графіках функції $N'' = f(X, Y = \text{const})$ при інших значеннях та кількості ліній N' , N'' , Z підписуються аналогічно наведеному прик-

ладу графіка (рис. 4).

При знятті значень із графіка, дробове значення X_Z приймається рівним найближчому більшому цілому значенню X_Z . Ціле значення X_Z може розглядатися і як ціле, *без округлення*, і як дробове, з *округленням* у більшу сторону.

Значення Y_Z дорівнює відповідному значенню Y_Z ліній N". Відбір таких пар ($X_Z \times Y_Z$) здійснюється доти, поки $X_Z \geq Y_Z$.

Із всіх знятих із графіка пар вибирається оптимальна, тобто

$$X_Z^* \times Y_Z^* = \min \{ X_{Z,i} \times Y_{Z,i} \}.$$

Перелік цих пар і оптимальна пара для всіх вантажів і складів приводяться в записці. Наприклад (див. рис. 4):

$$- \text{для бавовни скл. А, В} - X_Z^* \times Y_Z^* = \min \{ 8 \times 2; 5 \times 3; 4 \times 4 \} = 5 \times 3;$$

$$- \text{для бавовни скл. С} - X_Z^* \times Y_Z^* = \min \{ 11 \times 2; 7 \times 3; 5 \times 4 \} = 5 \times 4;$$

$$- \text{для бензину} - X_Z^* \times Y_Z^* = \min \{ 6 \times 2; 4 \times 3 \} = 6 \times 2.$$

При однаковому значенні добутку X_Z на Y_Z ($X_Z \cdot Y_Z$) до розгляду спочатку приймається та пара, у якої X_Z більше, тому що в цьому випадку зменшується площа складу яка виділяється для проїздів навантажувачів.

Перевіряється кількість пакетів, яка може поміститися в штабелі такого розміру. Якщо ця кількість менше, ніж $N_{\text{ВАГ}}$, то вибирається пара, більша мінімальної пари, але менше інших, і перевірка повторюється знову й т. д. При перевірці кількості пакетів у самий верхній ярус повинен завантажуватися хоча б один пакет (ВМ). Алгоритм перевірки відібраних пар аналогічний алгоритму заповнення табл. 3.

Наприклад, для бавовни скл. А, В: $N_{\text{ВАГ}} = 21$, $m_h = 2$, $Z = 2$, $S = 1$. Відібрані з графіка пари $X_Z^* \times Y_Z^* = \min \{ 8 \times 2; 5 \times 3; 4 \times 4 \}$ (див. рис. 4).

Вибираємо мінімальну пару 5×3 .

Кількість пакетів в підставі штабеля

$$N_Z = X_Z^* \cdot Y_Z^* \cdot S = 5 \cdot 3 \cdot 1 = 15 \text{ од.}$$

Кількість пакетів в другому уступі, виходячи з умов формування штабелю, при $Z = 2$

$$N_2 = (X_Z^* - 2) \cdot (Y_Z^* - 1) \cdot (m_h - S) = (5 - 2) \cdot (3 - 1) \cdot (2 - 1) = 6 \text{ од.}$$

N – кількість пакетів, що може вмістити штабель, од.

$$N = N_Z + N_2 = 15 + 6 = 21 \text{ од.}$$

Так як $N = N_{\text{ВАГ}}$ ($21 = 21$), то пара оптимальна. Процес відбору завершено.

У випадку, коли жодна з відібраних пар не підходить ($N < N_{\text{ВАГ}}$), необхідно вибрати інші значення S і Z та повторити побудови й розрахунки.

Для вантажів у зв'язуванні запропонована вище методика не підходить, тому що в існуючій практиці складування таких вантажів $Y_Z = Y = 1$, тому необхідно скористатися іншими методами.

Як один з таких методів, пропонується варіантний метод, сутність якого полягає в тім, що штабель формується по довжині шляхом послідовного укладання в нього зв'язування. Ширина штабеля при цьому залишається постійній і рівній довжині зв'язування ($\ell_{\text{П}}$).

Зв'язування укладаються з уступом на $1/2$ ширини зв'язування (b_{Π}) з кожної сторони довжини штабеля, тобто на два зв'язування, які лежать нижче, укладається одне. При збільшенні довжини штабеля на одне зв'язування в штабель послідовно укладаються всі зв'язування, які лежать вище. Висота кожного уступу в роботі дорівнює одному зв'язуванню, тобто $S = 1$.

Після чого визначається загальна кількість зв'язування, що може поміститися в штабель N . Якщо $N < N_{\text{ВАГ}}$, то побудови тривають. Для пояснення методу, нижче наведений зовнішній вигляд штабеля й послідовність укладання в нього зв'язування (рис. 5,а).

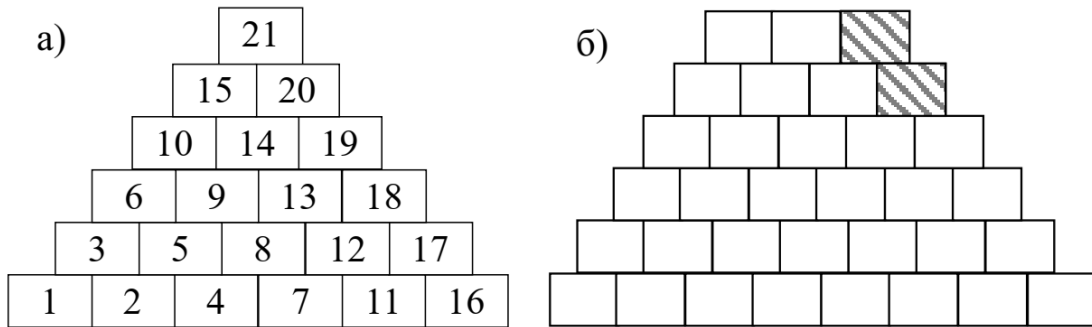


Рисунок 5 – Приклад формування штабеля довгомірів

При формуванні штабеля необхідно враховувати, що фактична висота штабеля не може перевищувати m_h . Тобто при досягненні m_h штабель по висоті не збільшується, а самий верхній уступ (ярус) збільшується по довжині разом зі збільшенням довжини підстави штабеля. Штабель у цьому випадку має форму усіченої призми (рис. 5,б).

З рис. 5,а видно, що кількість пакетів (зв'язування), яке може вмістити штабель у формі призми N_{Π} (од.) залежить від фактичної кількості рядів пакетів по висоті m_h (од.)

$$N_{\Pi} = 0,5 \cdot (m_h^2 + m_h).$$

Приймаємо $N = N_{\Pi}$.

Порівнюємо N та $N_{\text{ВАГ}}$. Можливі три (3) випадка подальших розрахунків.

1. Якщо $N = N_{\text{ВАГ}}$, то розрахунок завершено. Штабель у формі призми, m_h – використовується повністю $N = N_{\Pi}$, $Z_{\Phi} = m_h$.

По рис. 5,а видно, що кількість пакетів (зв'язування), що може вмістити штабель у формі призми N_{Π} (од.) залежить від фактичної кількості рядів пакетів по висоті m_h (од.). Так, при $m_h = 2$ $N_{\Pi} = 3$, при $m_h = 3$ $N_{\Pi} = 6$, при $m_h = 4$ $N_{\Pi} = 10$, при $m_h = 5$ $N_{\Pi} = 15$, при $m_h = 6$ $N_{\Pi} = 21$. Продовживши ці побудови для більшого значення m_h , повчимо: при $m_h = 7$ $N_{\Pi} = 28$, при $m_h = 8$ $N_{\Pi} = 36$, при $m_h = 9$ $N_{\Pi} = 45$, при $m_h = 10$ $N_{\Pi} = 55$.

2. Якщо $N > N_{\text{ВАГ}}$, то m_h використовується частково. Визначаємо

$$Z_{\Phi} = m_h - 1,$$

де Z_{Φ} – фактично використана кількість уступів у штабелі зі зв'язування, од.

Перераховуємо $N_{\Pi\Phi}$ з новим значенням Z_{Φ} по формулі

$$N_{\text{ПФ}} = 0,5 \cdot (Z_{\text{Ф}}^2 + Z_{\text{Ф}}).$$

Приймаємо $N = N_{\text{ПФ}}$. Порівнюємо N та $N_{\text{ВАГ}}$. Можливі 2 варіанта подальших розрахунків.

2.1. Якщо $N \leq N_{\text{ВАГ}}$, то розрахунок завершено. Штабель у формі призми, m_h – використовується частково. $N = N_{\text{ПФ}}$, $Z_{\text{Ф}} = m_h - 1$;

2.2. Якщо $N > N_{\text{ВАГ}}$, то m_h використовується частково. Визначаємо

$$Z_{\text{Ф}} = m_h - 2.$$

Перераховуємо $N_{\text{ПФ}}$ з новим значенням $Z_{\text{Ф}}$ по попередньо наведеній формулі і т. д. (зі зменшенням значення $Z_{\text{Ф}}$). Приймаємо $N = N_{\text{ПФ}}$. Порівнюємо N та $N_{\text{ВАГ}}$. Можливі 2 варіанта 2.1 або 2.2. Якщо варіант 2.2, то $Z_{\text{Ф}} = m_h - 3$ і т. д., поки не буде виконуватися умова $N \leq N_{\text{ВАГ}}$.

3. Якщо $N < N_{\text{ВАГ}}$, то штабель у формі усіченої призми $N = N_{\text{ПУ}}$, $Z_{\text{Ф}} = m_h$.

При формуванні штабеля у формі усіченої призми (рис. 5,б) кількість пакетів (зв'язування), яке може вмістити у нього ($N_{\text{ПУ}}$) визначається з виразу

$$N_{\text{ПУ}} = N_{\text{П}} + k \cdot m_h,$$

де $N_{\text{П}}$ – кількість пакетів (зв'язування), яке може вмістити штабель у формі призми (рис. 5,а), при певному значенні m_h , од.;

k – кількість рядів (шарів) пакетів (зв'язування), яких не вистачає, од.

Значення k визначається з виразу

$$k = [(N_{\text{ВАГ}} - N_{\text{П}}) / m_h],$$

дробове значення k округляється до найближчого більшого цілого числа. Наприклад, $k = [5,3] = 6$, $k = [4] = 4$.

У записці приводиться зовнішній вигляд отриманого штабеля (див. рис. 5,б), на якому повинні бути відображені всі значення, які необхідні для заповнення граф табл. 3 ($N_{\text{ВАГ}}$, Z ($Z_{\text{Ф}}$), S , X_Z^* , N). Зв'язування, які перевищують $N_{\text{ВАГ}}$ (якщо $N \neq N_{\text{ВАГ}}$), виділяються (шляхом зафарбовування) від зв'язування, які складають вагонну партію (див. рис. 5,б).

➤ Для пакетів на піддонах приймається зберігання в 4 (чотирьох) складах з різними технічними характеристиками (висотою складу й технічним навантаженням). Величина m_h приймає значення 2 для складу № 1, 3 – для складу № 2, 4 – для складу № 3 і 5 – для складу № 4.

➤ Пакети сортового металу (зв'язування) зберігаються тільки на одному складі – № 4. Величина m_h для нього визначається завданням.

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта по табл. 1 вибираються й виписуються вихідні дані для розрахунку двох вантажів, пакети з яких сформовані на піддонах:

✓ найменування вантажу;

✓ $N_{\text{ВАГ}}$ – кількість пакетів у вагонній партії, од.

По табл. 2 – вихідні дані для третього вантажу:

✓ найменування вантажу;

✓ $N_{\text{ВАГ}}$ – кількість пакетів у вагонній партії, од.;

✓ m_h – кількість рядів пакетів по висоті штабелю, од.

Таблиця 1

Варіант	Перший вантаж		Другий вантаж		Варіант	Перший вантаж		Другий вантаж	
	Найменування	N _{ВАГ} , од.	Найменування	N _{ВАГ} , од.		Найменування	N _{ВАГ} , од.	Найменування	N _{ВАГ} , од.
1	Арахіс	48	Льон	38	17	Картон	45	Пряжа	50
2	Азбест	40	Макарони	46	18	Каучук	36	Цукор	51
3	Асфальт	62	Масло	58	19	Кенаф	47	Сигарети	39
4	Бабіт	51	Мед	60	20	Гас	32	Сизаль	45
5	Бензин	60	Крейда	35	21	Клей	41	Слюда	42
6	Бітум	62	Металовироби	41	22	Шкіра	32	Сода	50
7	Брезент	38	Мішковина	45	23	Комбікорм	40	Соки	43
8	Віскоза	30	Сечовина	40	24	Коноплі	45	Скловата	38
9	Горох	48	Мило	38	25	Консерви	42	Тютюн	33
10	Жир	55	Нафталін	43	26	Конфітюр	40	Тканина	61
11	Макуха	40	Взуття	50	27	Копра	35	Порцеляна	41
12	Зерно	37	Одеколон	42	28	Фарба	55	Бавовна	45
13	Вапно	55	Пенька	47	29	Крохмаль	40	Целюлоза	37
14	Кабель	62	Перець	45	30	Кудель	36	Цемент	42
15	Каніфоль	52	Поташ	40	31	Купорос	62	Чай	50
16	Кардамон	41	Пробка	38	32	Латекс	32	Вовна	42

Таблиця 2

Варіант	Найменування	N _{ВАГ} , од.	m_h , од.	Варіант	Найменування	N _{ВАГ} , од.	m_h , од.	Варіант	Найменування	N _{ВАГ} , од.	m_h , од.
1	Двотавр	85	5	12	Куточок	85	10	23	Куточок	85	9
2	Двотавр	82	6	13	Куточок	84	5	24	Швелер	85	10
3	Двотавр	79	7	14	Куточок	81	6	25	Швелер	78	5
4	Двотавр	78	8	15	Куточок	81	7	26	Швелер	73	6
5	Двотавр	73	9	16	Куточок	80	8	27	Швелер	73	7
6	Двотавр	72	10	17	Куточок	76	9	28	Швелер	66	8
7	Двотавр	64	5	18	Куточок	74	10	29	Швелер	56	9
8	Двотавр	55	6	19	Куточок	66	5	30	Швелер	52	10
9	Двотавр	49	7	20	Куточок	40	6	31	Швелер	42	5
10	Двотавр	48	8	21	Куточок	48	7	32	Швелер	41	6
11	Двотавр	62	9	22	Куточок	48	8	–	–	–	–

★ Для першого й другого вантажу для чотирьох складів (№ 1, № 2, № 3, № 4) розраховуємо число умовних пакетів, що становлять штабель (N')

$$N' = \begin{cases} N_{\text{ВАГ}} / S, & \text{якщо } m_h \text{ кратне } Z; \\ N_{\text{ВАГ}} / (m_h / Z), & \text{якщо } m_h \text{ не кратне } Z, \end{cases}$$

де S – кількість пакетів по висоті в одному (нижньому) уступі, од. Відповідно до раніше описаного алгоритму й рис. 2: S = 1 при $m_h = 2$; S = 2 при $m_h = 3$ і $m_h = 4$; S = 3 при $m_h = 5$;

Z – кількість уступів, од., Z = 2.

Для пакетів на піддонах (перший і другий вантаж) величина m_h для складу

№ 1 приймає значення 2 ($m_h = 2$), для складу № 2 – $m_h = 3$, для складу № 3 $m_h = 4$ і для складу № 4 – $m_h = 5$.

Далі, по раніше описаному алгоритму, будуємо графіки для першого й другого вантажу на складі № 1, № 2, № 3 і № 4. На них наносимо відповідні написи й значення X, Y, X_Z, Y_Z, N', N'' .

По побудованих графіках визначаємо (відбираємо) і випишуємо пари можливих розмірів підстави штабелів кожного вантажу на кожному складі. Відбір таких пар здійснюється доти, поки $X_Z \geq Y_Z$.

Із всіх знятих (відібраних) із графіка пар вибираємо оптимальну, тобто

$$X_Z^* \times Y_Z^* = \min \{ X_{Z,i} \times Y_{Z,i} \}.$$

Перелік цих пар і оптимальна пара для всіх вантажів і складів приводимо в протоколі.

Перевіряємо кількість пакетів, що може поміститися в штабелі такого розміру (оптимальна пара). Алгоритм перевірки відібраних пар аналогічний алгоритму заповнення табл. 3.

★ Спочатку розраховуємо значення N для першого й другого вантажу.

Розрахунок для одного вантажу на одному складі (для оптимальної пари) описується повністю, розрахунки по всіх вантажах і складах приводяться в табл. 3, у рядках якої вказуються:

Таблиця 3

Показники	Найменування вантажів								
	«перший»				«другий»				«третій»
	Номера складів								
	1	2	3	4	1	2	3	4	4
1. $N_{\text{ВАГ}}$, од.									
...									
12. N , од.									

1. $N_{\text{ВАГ}}$ – кількість пакетів у вагонній партії, од.;

2. Z ($Z_{\text{Ф}}$) – кількість уступів, од. Значення $Z_{\text{Ф}}$ – фактично використана кількість уступів у штабелі зі зв'язування, вказується якщо воно відрізняється від Z ;

3. S – кількість пакетів по висоті в одному (нижньому) уступі, од.

Для вантажів у пакетах, сформованих на піддонах, Z і S уже були визначені раніше. Для вантажів у зв'язуванні (третій вантаж) приймаємо $S = 1$.

4. m_h – кількість рядів пакетів по висоті штабелю, од. Для вантажів у пакетах на піддонах, m_h уже були визначені раніше, а для третього вантажу величина m_h визначається варіантом;

5. N' – кількість умовних пакетів, що становлять штабель, од.;

6. X_Z^* – оптимальна кількість пакетів по довжині підстави штабеля, од.;

7. Y_Z^* – оптимальна кількість пакетів по ширині підстави штабеля, од.;

8. N_Z – кількість пакетів у нижньому уступі (шарі), од.

$$N_Z = X_Z^* \cdot Y_Z^* \cdot S;$$

9. X_2 – кількість пакетів по довжині другого уступу, од.

$$X_2 = X_Z^* - 2;$$

10. Y_2 – кількість пакетів по ширині другого уступу, од.

$$Y_2 = Y_Z^* - 1;$$

11. N_2 – кількість пакетів у другому уступі, од.

$$N_2 = X_2 \cdot Y_2 \cdot (m_h - S).$$

12. N – кількість пакетів, що може вмістити штабель, од.

$$N = N_Z + N_2.$$

У табл. 3 замість слів «перший», «другий» і «третій» вказуються найменування заданих вантажів.

★ Для вантажів у зв'язуванні розрахунки в таблиці 3 не здійснюються, а в таблиці заповнюються тільки відповідні графи (з 1 по 4, 6, 7, 12), визначені в відповідності з побудовами (див. рис. 5,а).

Можливий один з 3 (трьох) варіантів (або 1 або 2 або 3).

1. Якщо $N_{\Pi} = N_{\text{ВАГ}}$, то штабель у вигляді призми. Приймаємо $Z = m_h$, $Z_{\Phi} = m_h \cdot S = 1$, $Y_Z^* = 1$, $X_Z^* = m_h$, $N = N_{\Pi}$, заносимо ці дані в табл. 3 і приводимо в протоколі схему зовнішнього вигляду штабеля (див. рис. 5).

2. Якщо $N_{\Pi} > N_{\text{ВАГ}}$, то штабель у вигляді призми. Перевіряємо відповідність Z і Z_{Φ} . Для цього знаходимо N_{Π}' при $m_h - 1$. Можливий один з 3 (трьох) випадків (або 2.1 або 2.2 або 2.3).

2.1. Якщо $N_{\Pi}' < N_{\text{ВАГ}}$, то приймаємо $Z = m_h$, $Z_{\Phi} = m_h$, $S = 1$, $Y_Z^* = 1$, $X_Z^* = m_h$, $N = N_{\Pi}$, заносимо ці дані в табл. 3 і приводимо в протоколі схему зовнішнього вигляду штабеля (див. рис. 5).

2.2. Якщо $N_{\Pi}' = N_{\text{ВАГ}}$, то приймаємо $Z = m_h$, $Z_{\Phi} = m_h - 1$, $S = 1$, $Y_Z^* = 1$, $X_Z^* = m_h - 1$, $N = N_{\Pi}'$, заносимо ці дані в табл. 3 і приводимо в протоколі схему зовнішнього вигляду штабеля (див. рис. 5).

2.3. Якщо $N_{\Pi}' > N_{\text{ВАГ}}$, то знаходимо N_{Π}'' при $m_h - 2$ і перевіряємо відповідність Z і Z_{Φ} по раніше описаному алгоритмі для другого (2) варіанта. Якщо $N_{\Pi}'' > N_{\text{ВАГ}}$, то перебуває N_{Π}^* при $m_h - 3, 4$, і т. д., поки не одержимо $N_{\Pi}^* \leq N_{\text{ВАГ}}$ (перші два випадки). Значення X_Z^* і Z_{Φ} визначаються значенням m_h , що зменшено на відповідне значення (3, 4, і т. д.), а N – відповідним значенням N_{Π}^* .

Отримані дані заносимо в табл. 3 і приводимо в протоколі схему зовнішнього вигляду штабеля (див. рис. 5).

3. Якщо $N_{\Pi} < N_{\text{ВАГ}}$, то штабель у вигляді усіченої призми. Визначаємо кількість відсутніх рядів пакетів (зв'язування) k (од.). Для цього знаходимо за значенням m_h кількість пакетів (зв'язування), що може вмістити штабель у формі призми (N_{Π}) і розраховуємо значення k

$$k = [(N_{\text{ВАГ}} - N_{\Pi}) / m_h],$$

дробове значення k округляємо до найближчого більшого цілого числа.

Приймаємо $Z = m_h$, $Z_{\Phi} = m_h$, $S = 1$, $Y_Z^* = 1$, $X_Z^* = m_h + k$, а значення N розраховуємо по формулі

$$N = N_{\Pi} + k \cdot m_h.$$

Отримані дані заносимо в табл. 3 і приводимо в протоколі схему зовнішнього вигляду штабеля (див. рис. 5).

В протоколі приводиться тільки **одна** (1) схема зовнішнього вигляду штабеля вантажів у зв'язуваннях (яка подібна або рис. 5,а або рис. 5,б або їх комбінації чи модифікації), якій дорівнюють раніше отримані відповідні значення (Z , Z_{Φ} , S , Y_Z^* , X_Z^* , N) та занесені в табл. 3.

Практична робота № 2. Розрахунок валового навантаження

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок розрахунку валового (фактичного) навантаження. У даній роботі студенти повинні розрахувати валове навантаження й визначити вплив різних параметрів складу й штабелів вантажів на її величину.

Загальні вказівки. Ефективність використання корисної площі складу характеризується валовим (фактичним) навантаженням – середнім навантаженням на 1 м^2 корисній площі складу. Фактичне навантаження, як правило, характеризує завантаження складу в цілому.

Для розрахунку валового навантаження необхідно визначитися з конкретним розміщенням (розташуванням) на корисній площі складу штабелів вантажів. Для цього враховують лінійні розміри штабелів і необхідні технологічні розриви між ними.

Довжина підстави штабеля $L_{\text{Ш}}$ (м) для пакетів сформованих на піддонах визначається по формулі

$$L_{\text{Ш}} = X_Z^* \cdot (b_{\Pi} + 0,05),$$

де X_Z^* – оптимальна кількість пакетів по довжині підстави штабеля, од.;

b_{Π} – габаритна ширина пакета в плані, м;

0,05 – зазор між поруч розташованими пакетами, м.

Для вантажів у зв'язуванні

$$L_{\text{Ш}} = X_Z^* \cdot b_{\Pi} \cdot K_{\text{укл}},$$

де $K_{\text{укл}}$ – коефіцієнт укладання, $K_{\text{укл}} = 1,15$.

Ширина підстави штабеля $B_{\text{Ш}}$ (м) для пакетів сформованих на піддонах визначається по формулі

$$B_{\text{Ш}} = Y_Z^* \cdot (\ell_{\Pi} + 0,05),$$

де Y_Z^* – оптимальна кількість пакетів по ширині підстави штабеля, од.;

ℓ_{Π} – габаритна довжина пакета в плані, м.

Для вантажів у зв'язуванні

$$B_{\text{Ш}} = \begin{cases} Y_Z^* \cdot (\ell_{\Pi} + 0,5), & \text{якщо } (\ell_{\Pi} \cdot K_{\text{укл}} - \ell_{\Pi}) > 0,5; \\ Y_Z^* \cdot \ell_{\Pi} \cdot K_{\text{укл}}, & \text{якщо } (\ell_{\Pi} \cdot K_{\text{укл}} - \ell_{\Pi}) \leq 0,5. \end{cases}$$

При укладанні краном зв'язування у штабель по ширині кожного зв'язування можливе відхилення в ту або іншу сторону до 25 см, що в сумі становить 50 см або 0,5 м.

Вантажна площа штабеля F_B (m^2) визначається з виразу

$$F_B = L_{Ш} \cdot V_{Ш}.$$

Крім вантажної площі, тобто площі складу безпосередньо зайнятий вантажем, на складі потрібна (виділяється) додаткова площа на проїзди ($F_{ПР}$), проходи ($F_{ПРОХ}$), розриви ($F_{РОЗ}$). Необхідність наявності такої додаткової площі визначається технологією складських робіт, правилами ТБ, охорони праці, пожежної безпеки й ін.

При визначенні $F_{РОЗ}$, $F_{ПРОХ}$, $F'_{ПРОХ}$, $F_{ПР}$ і $F'_{ПР}$ половина ($1/2$) ширини розривів, проходів і проїздів відноситься до площі яка відводиться для кожного поруч розташованого штабеля.

Розподіл корисної площі складу, що відводиться під штабель ($F_{ШТ}$), між її складовими, представлений на рис. 1.

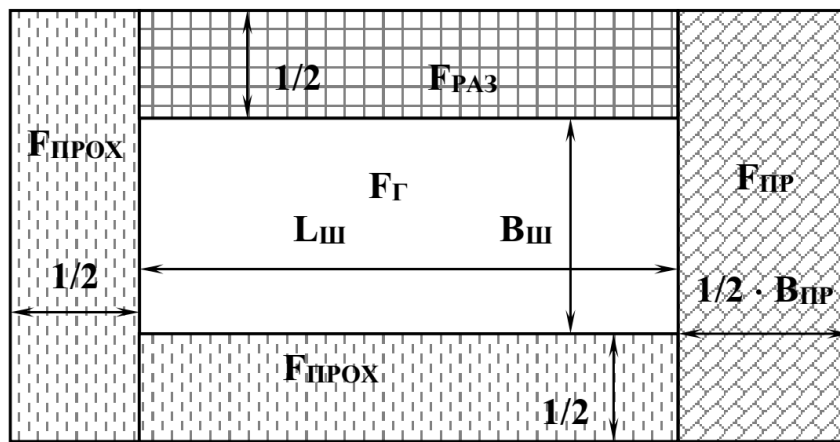


Рисунок 1 – Схема складових $F_{ШТ}$

Ширина розривів між штабелями приймається рівної 1 м, тоді площа розривів між штабелями $F_{РАЗ}$ (m^2) визначається по вираженню

$$F_{РОЗ} = 1/2 \cdot 1 \cdot L_{Ш}.$$

Ширина проходів між штабелями також приймається рівної 1 м, тоді площа проходів між штабелями й стінками, а також між штабелями в середині складу $F_{ПРОХ}$ (m^2) для штабелів, сформованих з одного вагонного відправлення (рис. 2) визначається з виразу

$$F_{ПРОХ} = 1/2 \cdot 1 \cdot V_{Ш} + 1/2 \cdot 1 \cdot L_{Ш} + 2 \cdot (1/2 \cdot 1 \cdot 1/2 \cdot 1).$$

Для більше раціонального використання складської площі при складуванні, вантажі часто поєднують у більші штабелі, що складаються з декількох вагонних партій. При формуванні таких штабелів враховуються особливості технології перевантаження окремих вантажів і формування штабелів з них. Крім того, загальний штабель повинен бути сформований так, що б був вільний доступ до кожної вагонної партії які складають штабель. Тобто була можливість узяття вантажів будь-якої вагонної партії без перекладки інших.

Для пакетів на піддонах можливе формування загального штабеля із чотирьох вагонних партій (рис. 3). З рисунка видно, що ці чотири штабелі розташовані впритул і з'єднані між собою за рахунок проходів, тому для них площа проходів дорівнює 0.

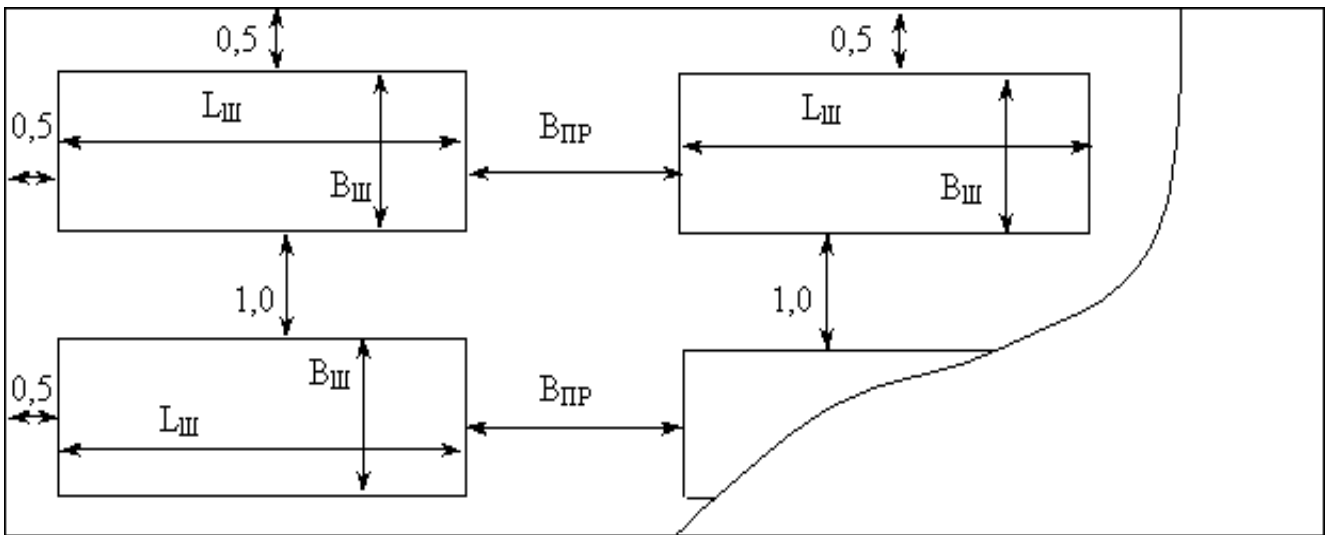


Рисунок 2 – Приклад схеми штабелів з однієї вагонної партії

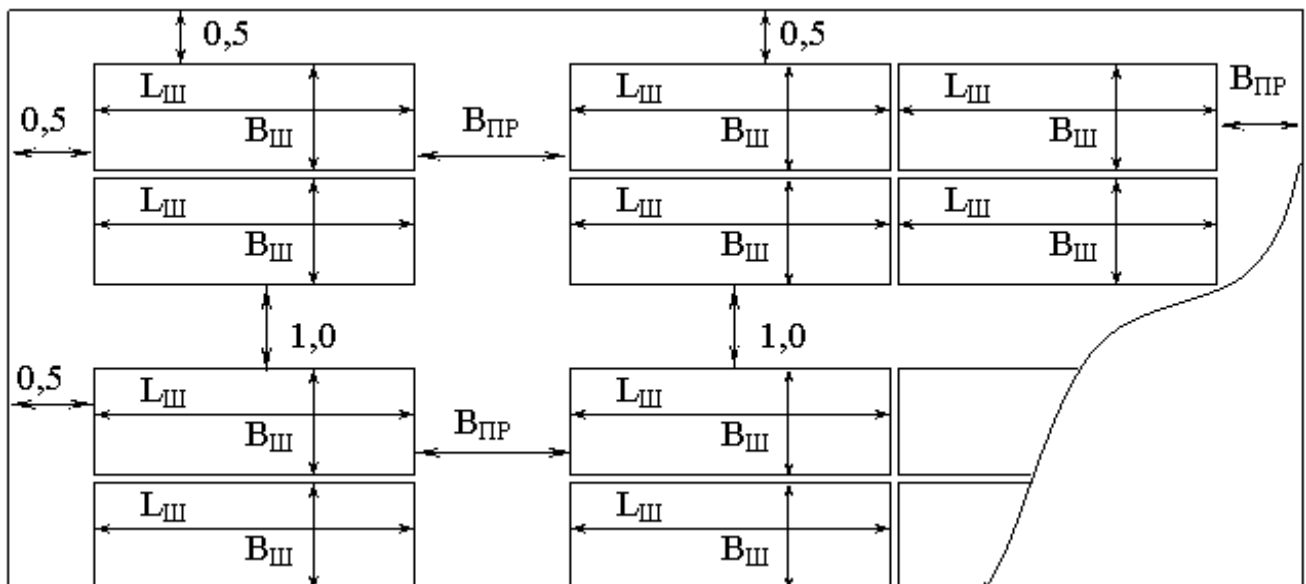


Рисунок 3 – Приклад схеми штабелів із чотирьох партій

При формуванні таких штабелів, у стінки (граничі складу) вони складаються із двох вагонних партій, а в середині складу – із чотирьох. Частина штабелів із двох партій на складі незначна і їй можна зневажити, і прийняти для подальших розрахунків, що всі штабелі складаються із чотирьох вагонних партій.

Позначимо цю площу через $F'_{\text{ПРОХ}}$, тоді можна записати $F'_{\text{ПРОХ}} = 0$.

Виходячи з технології вантажних робіт, для штабелів зв'язування можливе формування загального штабеля тільки із двох вагонних партій (рис. 4). У цьому випадку $F'_{\text{ПРОХ}}$ визначається з наступного вираження

$$F'_{\text{ПРОХ}} = 1/2 \cdot 1 \cdot L_{\text{III}} + (1/2 \cdot 1 \cdot 1/2 \cdot 1).$$

Площа для проїзду $F_{\text{ПР}}$ (м^2) і маневрування навантажувача для штабелів сформованих з однієї вагонної партії визначається по формулі

$$F_{\text{ПР}} = 1/2 \cdot B_{\text{ПР}} \cdot (B_{\text{III}} + 1/2 \cdot 1 + 1/2 \cdot 1),$$

де $B_{\text{ПР}}$ – ширина проїздів для навантажувачів, м.

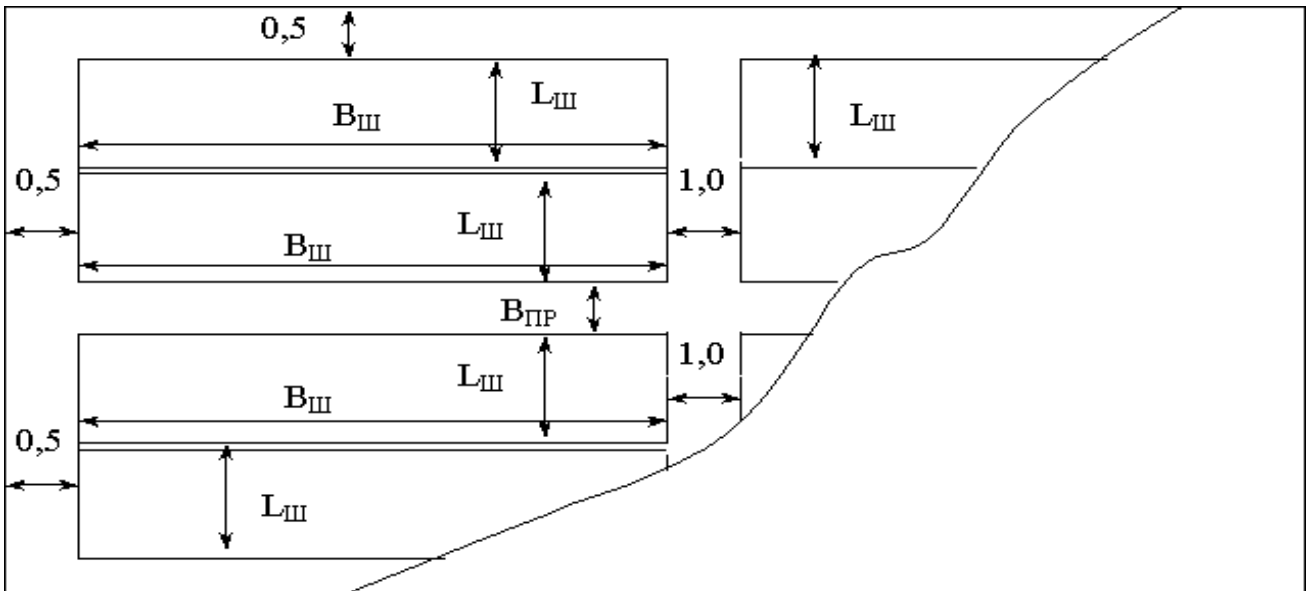


Рисунок 4 – Приклад схеми штабелів із двох партій (зв'язування)

Площа для проїзду $F'_{ПР}$ (м²) і маневрування навантажувача для штабелів сформованих з декількох вагонних партій

$$F'_{ПР} = 1/2 \cdot B_{ПР} \cdot (B_{III} + 1/2 \cdot 1).$$

Площа складу, що відводиться під один штабель $F_{ШТ}$ (м²) (рис. 1, 2) складе

$$F_{ШТ} = F_B + F_{РОЗ} + F_{ПРОХ} + F_{ПР};$$

Відповідно площа складу, що відводиться під один штабель, що перебуває в групі штабелів $F'_{ШТ}$ (м²) (рис. 3, 4), м²

$$F'_{ШТ} = F_B + F_{РОЗ} + F'_{ПРОХ} + F'_{ПР};$$

Далі можна розрахувати коефіцієнт раціональності використання корисної площі складу K_P , %

$$K_P = (F_{ШТ} / F'_{ШТ} - 1) \cdot 100.$$

Коефіцієнт використання корисної площі характеризує частку площі безпосередньо зайнятий вантажем (F_B), по відношення до корисної площі, що відводиться для розміщення штабеля ($F_{ШТ}$). Відповідно він залежить від розмірів штабеля й особливостей його розташування в складі.

Тоді, коефіцієнт використання корисної площі для штабелів, що складаються з однієї вагонної партії (K_F) визначається по формулі

$$K_F = F_B / F_{ШТ},$$

а коефіцієнт використання корисної площі для штабелів, що складаються з декількох вагонних партій (K_F') з вираження

$$K_F' = F_B / F'_{ШТ}.$$

При наявності уступів у штабелі по висоті, експлуатаційне навантаження розподіляється нерівномірно. Відбувається певне її зниження, яке можна врахувати за допомогою коефіцієнта зниження навантаження через наявність уступів (K_C) по вираженню

$$K_C = [X_Z^* \cdot Y_Z^* - (Z - 1) \cdot (n \cdot X_Z^* + m \cdot Y_Z^*) + (1,3333 \cdot Z^2 - 2 \cdot Z + 0,6667) \cdot n \cdot m] / (X_Z^* \cdot Y_Z^*),$$

де n – величина розміру уступу по довжині штабеля;

m – величина розміру, уступу по ширині штабеля;

Z – кількість уступів у штабелі.

Виходячи з раніше наведених умов формування штабелів (див. загальні положення до практичної роботи № 1), формула розрахунку K_C , після перетворень, прикмет вид

$$K_C = [X_Z^* \cdot Y_Z^* - (Z - 1) \cdot (0,5 \cdot X_Z^* + 1 \cdot Y_Z^*) + (1,3333 \cdot Z^2 - 2 \cdot Z + 0,6667) \cdot 0,5 \cdot 1] / (X_Z^* \cdot Y_Z^*).$$

Розрахунок K_C для довгомірів (металу) здійснюється по іншій формулі

$$K_C = \begin{cases} (X_Z^* - d / 2 \cdot Z) / X_Z^*, & \text{якщо } Z_\Phi = m_h; \\ (Z_\Phi / Z_P) \cdot (X_Z^* - d / 2 \cdot Z_\Phi) / X_Z^*, & \text{якщо } Z_\Phi < m_h, \end{cases}$$

де d – на яку кількість пакетів робиться уступ у штабелі. Для довгомірів уступ робиться на $1/2$ пакета (зв'язування) з кожної сторони, тобто $d = 1/2 + 1/2 = 1$;

Z_Φ – фактично використана кількість уступів у штабелі зі зв'язування, од.;

m_h – фактична кількість рядів пакетів по висоті штабелю, од.;

Z_P – розрахункова кількість уступів, од.

При формуванні штабелів з пакетів на піддонах, вони можуть розташовуватися по висоті нерівномірно. Як правило, у нижніх уступах кількість пакетів по висоті в одному уступі (S) більше, ніж у верхньому (див. роботу № 1). Ця обставина враховується за допомогою коефіцієнта зміни навантаження через нерівномірність розподілу пакетів по висоті в уступах (K_H). K_H розраховується, коли кількість пакетів по висоті в штабелі m_h не кратне кількості уступів Z по формулі

$$K_H = [4 / Z \cdot k / m_h + (Z^2 - 4) / Z^2] \cdot K_C + \{1 - [4 / Z \cdot k / m_h + (Z^2 - 4) / Z^2]\},$$

де k – кількість пакетів по висоті в самому верхньому уступі.

Кількість пакетів, що може вмістити штабель (N), може перевищувати їх фактичну кількість ($N_{\text{ВАГ}}$). Тому валове навантаження в складі буде трохи менше, що враховується за допомогою відповідний коефіцієнт зниження (K_K). K_K розраховується, коли $N > N_{\text{ВАГ}}$ по формулі

$$K_K = N_{\text{ВАГ}} / N.$$

Визначивши всі коефіцієнти, можна розрахувати валове навантаження для штабелів, що складаються з однієї (P_B) і з декількох вагонних партій ($P_{B'}$) по наступних виразах

$$P_B = \begin{cases} K_F \cdot K_H \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ не кратне } Z; \\ K_F \cdot K_C \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ кратне } Z; \end{cases}$$

$$P_{B'} = \begin{cases} K_{F'} \cdot K_H \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ не кратне } Z; \\ K_{F'} \cdot K_C \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ кратне } Z, \end{cases}$$

де P_E – експлуатаційне навантаження на підлогу складу, т/м^2 ;

$$P_E = P_{\Pi} \cdot m_h;$$

P_{Π} – питома навантаження, т/м^2 .

Питома навантаження, яке створюється одним ВМ (пакетом на піддоні) виражаються з вираження

$$P_{\Pi} = g_{\Pi} / [(\ell_{\Pi} + 0,05) \cdot (b_{\Pi} + 0,05)],$$

а для пакетів сформованих без використання піддонів (зв'язування сортового ме-

талу)

$$P_{\Pi} = g_{\Pi} / (\ell_{\Pi} \cdot b_{\Pi} \cdot K_{\text{укл}}),$$

де g_{Π} – маса пакета (зв'язування), т.

Для оцінки ефективності вибору конкретних розмірів штабелів і їхнього розміщення на складі, розраховується коефіцієнт використання експлуатаційного навантаження. Так як штабелі можуть складатися з різної кількості вагонних відправлень, то розраховується коефіцієнт використання експлуатаційного навантаження для штабелів, що складаються з однієї (K_E) і з декількох вагонних партій (K_E') по наступних виразах

$$K_E = (P_B / P_E) \cdot 100;$$

$$K_E' = (P_B' / P_E) \cdot 100.$$

➤ Для пакетів на піддонах приймається зберігання в 4 (чотирьох) складах з різними технічними характеристиками (висотою складу й технічним навантаженням), а пакети сортового металу (зв'язування) зберігаються тільки на одному складі – № 4.

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта по табл. 1 вибираються й виписуються вихідні дані для розрахунку перших двох вантажів, а по табл. 2 – для третього:

Таблиця 1

Варіант	Перший вантаж			Другий вантаж		
	Найменування	g_{Π} , т	$\ell_{\Pi} \times b_{\Pi}$, м	Найменування	g_{Π} , т	$\ell_{\Pi} \times b_{\Pi}$, м
1	2	3	4	5	6	7
1	Арахіс	1,58	1,6×1,3	Льон	1,08	1,6×1,3
2	Азбест	1,58	1,63×1,28	Макарони	1,16	1,6×1,2
3	Асфальт	1,21	1,62×1,2	Масло	1,305	1,62×1,2
4	Бабіт	1,484	1,6×1,2	Мед	1,28	1,64×1,22
5	Бензин	1,28	1,64×1,22	Крейда	1,655	1,62×1,3
6	Бітум	0,88	1,62×1,2	Металовироби	1,808	1,62×1,2
7	Брезент	1,58	1,6×1,2	Мішковина	1,28	1,64×1,3
8	Віскоза	1,28	1,64×1,3	Сечовина	1,58	1,63×1,26
9	Горох	1,58	1,6×1,3	Мило	1,856	1,6×1,2
10	Жир	1,28	1,68×1,26	Нафталін	1,52	1,6×1,2
11	Макуха	1,58	1,63×1,26	Взуття	0,98	1,6×1,2
12	Зерно	1,43	1,63×1,26	Одеколон	1,76	1,68×1,2
13	Вапно	1,28	1,68×1,26	Пенька	1,76	1,6×1,2
14	Кабель	1,13	1,62×1,2	Перець	1,28	1,6×1,2
15	Каніфоль	1,46	1,6×1,2	Поташ	1,58	1,63×1,26
16	Кардамон	1,36	1,6×1,2	Пробка	0,4	1,6×1,2
17	Картон	1,32	1,64×1,3	Пряжа	1,16	1,6×1,2
18	Каучук	1,78	1,6×1,26	Цукор	1,472	1,6×1,2
19	Кенаф	1,52	1,6×1,2	Сигарети	0,92	1,6×1,2
20	Гас	1,98	1,6×1,2	Сизаль	1,68	1,7×1,3
21	Клей	1,36	1,6×1,2	Слюда	1,872	1,6×1,2

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
22	Шкіра	1,52	1,64×1,2	Сода	1,52	1,6×1,2
23	Комбікорм	1,58	1,63×1,28	Соки	1,744	1,68×1,2
24	Коноплі	1,12	1,68×1,3	Скловата	1,28	1,6×1,3
25	Консерви	1,76	1,6×1,2	Тютюн	1,16	1,6×1,29
26	Конфітюр	1,872	1,6×1,2	Тканина	1,13	1,6×1,2
27	Копра	1,655	1,62×1,2	Порцеляна	1,36	1,6×1,2
28	Фарба	1,38	1,62×1,2	Бавовна	1,4	1,64×1,3
29	Крохмаль	1,872	1,6×1,2	Целюлоза	2	1,7×1,2
30	Кудель	1,78	1,6×1,26	Цемент	1,76	1,6×1,2
31	Купорос	0,88	1,62×1,2	Чай	1,16	1,6×1,2
32	Латекс	1,93	1,6×1,2	Вовна	1,4	1,6×1,2

Таблиця 2

Вариант	Найменування	гп, т	ℓ _п ×b _п , м	Вариант	Найменування	гп, т	ℓ _п ×b _п , м
1	Двотавр	1,514	10×0,272	17	Куточок	1,701	9×0,156
2	Двотавр	1,584	11×0,406	18	Куточок	1,744	16×0,127
3	Двотавр	1,644	6×0,399	19	Куточок	1,952	8×0,255
4	Двотавр	1,656	8×0,347	20	Куточок	2,64	11×0,345
5	Двотавр	1,775	13×0,36	21	Куточок	2,671	16×0,345
6	Двотавр	1,803	7×0,381	22	Куточок	2,684	8×0,255
7	Двотавр	1,987	9×0,421	23	Куточок	3,402	9×0,312
8	Двотавр	2,318	7×0,478	24	Швелер	1,525	10×0,143
9	Двотавр	2,64	11×0,345	25	Швелер	1,649	8×0,218
10	Двотавр	2,671	12×0,345	26	Швелер	1,777	7×0,267
11	Двотавр	3,696	11×0,462	27	Швелер	1,777	8×0,267
12	Куточок	1,525	10×0,143	28	Швелер	1,968	10×0,299
13	Куточок	1,546	14×0,113	29	Швелер	2,304	8×0,503
14	Куточок	1,579	9×0,156	30	Швелер	2,499	11×0,34
15	Куточок	1,586	7×0,1414	31	Швелер	3,072	8×0,503
16	Куточок	1,617	6×0,226	32	Швелер	3,13	12×0,381

✓ найменування вантажу;

✓ г_п – маса пакета (зв'язування), т;

✓ ℓ_п×b_п (ℓ_п на b_п) – габаритна довжина й ширина пакета в плані, м.

Розрахунок для одного вантажу по одному складі описується повністю, розрахунки по всіх вантажах приводяться в табл. 3, у рядках якої вказуються:

1. X_z^* – оптимальна кількість пакетів по довжині підстави штабеля, од. (див. практичну роботу № 1);

2. Y_z^* – оптимальна кількість пакетів по ширині підстави штабеля, од. (див. практичну роботу № 1);

3. L_ш – довжина підстави штабеля, м

$$L_{\text{ш}} = X_Z^* \cdot (b_{\text{п}} + 0,05);$$

– для вантажів у зв'язуванні

$$L_{\text{ш}} = X_Z^* \cdot b_{\text{п}} \cdot K_{\text{укл}},$$

де $K_{\text{укл}}$ – коефіцієнт укладання, $K_{\text{укл}} = 1,15$;

Таблиця 3

Показники	Найменування вантажів								
	«перший»				«другий»			«третій»	
	Номера складів								
	1	2	3	4	1	2	3	4	4
1. X_Z^* , од.									
...									
28. K_E'									

4. $V_{\text{ш}}$ – ширина підстави штабеля, м

$$V_{\text{ш}} = Y_Z^* \cdot (\ell_{\text{п}} + 0,05);$$

– для вантажів у зв'язуванні

$$V_{\text{ш}} = \begin{cases} Y_Z^* \cdot (\ell_{\text{п}} + 0,5), & \text{якщо } (\ell_{\text{п}} \cdot K_{\text{укл}} - \ell_{\text{п}}) > 0,5; \\ Y_Z^* \cdot \ell_{\text{п}} \cdot K_{\text{укл}}, & \text{якщо } (\ell_{\text{п}} \cdot K_{\text{укл}} - \ell_{\text{п}}) \leq 0,5. \end{cases}$$

5. $V_{\text{пр}}$ – ширина проїздів для навантажувачів, м

$$V_{\text{пр}} = 2 \cdot \ell_{\text{п}} + 3 \cdot c,$$

де c – припустимий зазор між навантажувачем і стінкою штабеля й між навантажувачами для їх одночасного проїзду. Приймається рівним від 0,15 до 0,2 м.

Для вантажів у зв'язуванні $V_{\text{пр}} = 1$.

6. $F_{\text{в}}$ – вантажна площа штабеля, м^2

$$F_{\text{в}} = L_{\text{ш}} \cdot V_{\text{ш}}.$$

7. $F_{\text{роз}}$ – площа розривів між штабелями, м^2

$$F_{\text{роз}} = 1/2 \cdot 1 \cdot L_{\text{ш}};$$

8. $F_{\text{прох}}$ – площа проходів між штабелями й стінками, а також між штабелями в середині складу для штабелів, сформованих з одного вагонного відправлення, м^2

$$F_{\text{прох}} = 1/2 \cdot 1 \cdot V_{\text{ш}} + 1/2 \cdot 1 \cdot L_{\text{ш}} + 2 \cdot (1/2 \cdot 1 \cdot 1/2 \cdot 1);$$

9. $F'_{\text{прох}}$ – площа проходів між штабелями й стінками, а також між штабелями в середині складу для штабелів, сформованих з декількох вагонних відправлень, м^2

– для пакетів на піддонах (перший і другий вантаж) $F'_{\text{прох}} = 0$;

– для зв'язування (третій вантаж)

$$F'_{\text{прох}} = 1/2 \cdot 1 \cdot L_{\text{ш}} + (1/2 \cdot 1 \cdot 1/2 \cdot 1);$$

10. $F_{\text{пр}}$ – площа для проїзду й маневрування навантажувачів для штабелів сформованих з однієї вагонної партії, м^2

$$F_{\text{пр}} = 1/2 \cdot V_{\text{пр}} \cdot (V_{\text{ш}} + 1/2 \cdot 1 + 1/2 \cdot 1);$$

11. $F'_{\text{пр}}$ – площа для проїзду й маневрування навантажувачів для штабелів сформованих з декількох вагонних партій, м^2

$$F'_{\text{пр}} = 1/2 \cdot V_{\text{пр}} \cdot (V_{\text{ш}} + 1/2 \cdot 1);$$

12. $F_{\text{шт}}$ – площа складу, що відводиться під один штабель, м^2

$$F_{\text{ШТ}} = F_{\text{В}} + F_{\text{РОЗ}} + F_{\text{ПРОХ}} + F_{\text{ПР}};$$

13. $F'_{\text{ШТ}}$ – площа складу, що відводиться під один штабель, що перебуває в групі штабелів, м²

$$F'_{\text{ШТ}} = F_{\text{В}} + F_{\text{РОЗ}} + F'_{\text{ПРОХ}} + F'_{\text{ПР}};$$

14. $K_{\text{Р}}$ – коефіцієнт раціональності використання корисної площі складу, %

$$K_{\text{Р}} = (F_{\text{ШТ}} / F'_{\text{ШТ}} - 1) \cdot 100;$$

15. K_{F} – коефіцієнт використання корисної площі для штабелів, що складаються з однієї вагонної партії

$$K_{\text{F}} = F_{\text{Г}} / F_{\text{ШТ}}.$$

16. K'_{F} – коефіцієнт використання корисної площі для штабелів, що складаються з декількох вагонних партій

$$K'_{\text{F}} = F_{\text{Г}} / F'_{\text{ШТ}}.$$

17. Z – кількість уступів у штабелі, од. (див. практичну роботу № 1). Для вантажів у зв'язуванні приймаємо $Z = Z_{\text{Ф}}$;

18. m_h – кількість пакетів по висоті штабеля, од. (див. роботу № 1);

19. $K_{\text{С}}$ – коефіцієнт зниження навантаження через наявність уступів – для пакетів на піддонах (перший і другий вантаж)

$$K_{\text{С}} = [X_Z^* \cdot Y_Z^* - (Z - 1) \cdot (0,5 \cdot X_Z^* + 1 \cdot Y_Z^*) + (1,3333 \cdot Z^2 - 2 \cdot Z + 0,6667) \cdot 0,5 \cdot 1] / (X_Z^* \cdot Y_Z^*);$$

– для зв'язування (третій вантаж)

$$K_{\text{С}} = \begin{cases} (X_Z^* - d / 2 \cdot Z) / X_Z^*, & \text{якщо } Z_{\text{Ф}} = m_h; \\ (Z_{\text{Ф}} / Z_{\text{Р}}) \cdot (X_Z^* - d / 2 \cdot Z_{\text{Ф}}) / X_Z^*, & \text{якщо } Z_{\text{Ф}} < m_h, \end{cases}$$

де d – на яку кількість пакетів робиться уступ у штабелі, $d = 1$;

$Z_{\text{Ф}}$ – фактично використана кількість уступів у штабелі зі зв'язування, од. (див. роботу № 1);

$Z_{\text{Р}}$ – розрахункова кількість уступів, од., $Z_{\text{Р}} = m_h$;

20. $K_{\text{Н}}$ – коефіцієнт зміни навантаження через нерівномірність розподілу (розташування) пакетів по висоті в уступах, коли кількість пакетів по висоті в штабелі m_h не кратне кількості уступів Z

$$K_{\text{Н}} = [4 / Z \cdot k / m_h + (Z^2 - 4) / Z^2] \cdot K_{\text{С}} + \{1 - [4 / Z \cdot k / m_h + (Z^2 - 4) / Z^2]\},$$

де k – кількість пакетів по висоті в самому верхньому уступі (див. практичну роботу № 1). Якщо m_h кратне кількості уступів Z , $K_{\text{Н}}$ не розраховується, а у відповідній графі таблиці ставиться прочерк;

21. $N_{\text{ВАГ}}$ – кількість пакетів у вагонній партії, од. (див. практичну роботу № 1);

22. N – кількість пакетів, що може вмістити штабель, од. (див. роботу № 1);

23. $K_{\text{К}}$ – коефіцієнт зниження навантаження, через невідповідність кількості пакетів у штабелі (N) і вагонної партії ($N_{\text{ВАГ}}$)

$$K_{\text{К}} = N_{\text{ВАГ}} / N;$$

24. $P_{\text{Е}}$ – експлуатаційне навантаження на підлогу складу, т/м²

$$P_{\text{Е}} = P_{\text{П}} \cdot m_h,$$

де $P_{\text{П}}$ – питоме навантаження, т/м²

– для пакетів на піддонах (перший і другий вантаж)

$$P_{\Pi} = g_{\Pi} / [(\ell_{\Pi} + 0,05) \cdot (b_{\Pi} + 0,05)];$$

– для зв'язування (третій вантаж)

$$P_{\Pi} = g_{\Pi} / (\ell_{\Pi} \cdot b_{\Pi} \cdot K_{\text{укл}}),$$

де g_{Π} – маса пакета (зв'язування), т;

25. P_B – валове навантаження для штабелів, що складаються з однієї вагонної партії, т/м²

$$P_B = \begin{cases} K_F \cdot K_H \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ не кратне } Z; \\ K_F \cdot K_C \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ кратне } Z; \end{cases}$$

26. $P_{B'}$ – валове навантаження для штабелів, що складаються з декількох вагонних партій, т/м²

$$P_{B'} = \begin{cases} K_{F'} \cdot K_H \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ не кратне } Z; \\ K_{F'} \cdot K_C \cdot K_K \cdot P_E, & \text{якщо } m_h \text{ кратне } Z; \end{cases}$$

27. K_E – коефіцієнт використання експлуатаційного навантаження для штабелів, що складаються з однієї вагонної партії, %

$$K_E = (P_B / P_E) \cdot 100.$$

28. $K_{E'}$ – коефіцієнт використання експлуатаційного навантаження для штабелів, що складаються з декількох вагонних партій, %

$$K_{E'} = (P_{B'} / P_E) \cdot 100.$$

У табл. 3 замість слів «перший», «другий» і «третій» вказуються найменування заданих вантажів.

Практична робота № 3. Визначення ємності складу

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок оцінки проектної ємності універсального складу. У даній роботі студент повинен розрахувати проектну ємність складу універсального портового перевантажувального комплексу (ППК), який складається з одного причалу.

Загальні вказівки. Проектна ємність складу для одного причалу знаходиться як

$$\epsilon = K_{\text{СК}} \cdot Q_C + \epsilon_3,$$

де Q_C – завантаження судна, т;

$K_{\text{СК}}$ – коефіцієнт складності вантажопотоку, що враховує розбіжність строку прибуття вантажу й тоннажу;

ϵ_3 – нормативний запас ємності складу, який враховує можливі розбіжності режимів обробки морських суден і рухомого складу суміжних видів транспорту, т.

Коефіцієнт $K_{\text{СК}} = 1$, якщо вантаж відправляється в один порт; $K_{\text{СК}} = 1,2$, якщо вантаж відправляється в порти однієї країни; $K_{\text{СК}} = 1,3$, якщо вантаж, відправляється в порти декількох країн. Якщо вантаж прибуває на ППК, то коефіцієнт $K_{\text{СК}}$ приймається рівним 1.

Нормативний запас ємності складу знаходиться як

$$\epsilon_3 = \begin{cases} \Pi \cdot \lambda, & \text{якщо } Q_M^M / \Pi \geq 15; \\ Q_M^M \cdot \lambda / 15, & \text{якщо } Q_M^M / \Pi < 15, \end{cases}$$

де Π – пропускна здатність причалу, т/діб.;

Q_M^M – максимальний місячний вантажообіг причалу, т;

λ – норма запасу, дорівнює 2 добам, якщо вантаж транспортується в одному басейні, і 3 добам, якщо вантаж перевозиться в декількох басейнах.

Проте потрібно враховувати, що відповідно до «Норм технологічного проектування морських портів» (НТПМП) величина ϵ_3 не може перевищувати $1,5 \cdot Q_C$, тобто

$$\epsilon_3 \leq 1,5 \cdot Q_C.$$

Таким чином, якщо $\epsilon_3 > 1,5 \cdot Q_C$, то $\epsilon_3 = 1,5 \cdot Q_C$.

Пропускна здатність причалу знаходиться як

$$\Pi = Q_C \cdot t_{\text{ЕФ}} / (Q_C / (N \cdot P_{\text{ТХЧ}}) + \tau_{\text{Д}});$$

$$t_{\text{ЕФ}} = 24 - t_{\text{П}},$$

де $t_{\text{ЕФ}}$ – тривалість роботи причалу протягом доби, год;

$t_{\text{П}}$ – тривалість перерв у роботі причалу (від 1 год до 3 год);

N – число технологічних ліній (ТЛ) на морському вантажному фронті (МВФ);

$P_{\text{ТХЧ}}$ – технологічна продуктивність однієї ТЛ, т/год;

$\tau_{\text{Д}}$ – тривалість допоміжних операцій із судном біля причалу, несумісних з вантажними роботами (від 6 год до 12 год).

Максимальний місячний вантажообіг знаходиться як

$$Q_{\text{М}}^{\text{М}} = Q_{\text{Р}} \cdot K_{\text{МН}} / T_{\text{Н}},$$

де $K_{\text{МН}}$ – коефіцієнт місячної нерівномірності;

$Q_{\text{Р}}$ – річний вантажообіг, т;

$T_{\text{Н}}$ – період навігації, міс.

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта з табл. 1 вибирається та виписуються вихідні данні для розрахунків.

Таблиця 1

Варіант	Напрямок вантажопотоку	Кількість портів призначення	Кількість басейнів	Q_C , т	Q_R , т	T_N , міс.	K_{MN}	N	$P_{\text{ТХЧ}}$ т/год	$\tau_{\text{Д}}$, год	$t_{\text{П}}$, год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	прибуття	–	один	2000	50000	8	1,1	2	15	6	1
2	відправлення	один	один	2000	50000	12	1,1	2	15	12	3
3	прибуття	–	декілька	2200	55000	12	1,6	2	15	12	3
4	відправлення	однієї країни	декілька	2200	55000	8	1,6	2	11,6	6	1
5	прибуття	–	один	2500	70000	9	1,2	2	12	7	2
6	відправлення	різних країн	один	2500	70000	11	1,2	2	12	11	3
7	прибуття	–	декілька	2700	75000	11	1,5	2	15	11	3
8	відправлення	один	декілька	2700	75000	9	1,5	2	11,6	7	2
9	прибуття	–	один	3000	80000	10	1,3	3	15	8	3
10	відправлення	однієї країни	один	3000	80000	9	1,3	3	15	10	2
11	прибуття	–	декілька	3200	85000	9	1,4	3	14,5	10	2
12	відправлення	різних країн	декілька	3200	85000	10	1,4	3	14,5	8	3
13	прибуття	–	один	3500	100000	11	1,3	2	14	9	1
14	відправлення	один	один	3500	100000	10	1,3	2	14	8	3
15	прибуття	–	декілька	3300	95000	10	1,2	2	16	8	3

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	відправлення	однієї країни	декілька	3300	95000	11	1,2	2	16	9	1
17	прибуття	–	один	4000	110000	12	1,4	2	20	10	2
18	відправлення	різних країн	один	4000	110000	9	1,4	2	20	9	1
19	прибуття	–	декілька	3900	100000	9	1,1	2	18,3	9	1
20	відправлення	один	декілька	3900	100000	12	1,1	2	18,3	10	2
21	прибуття	–	один	4500	100000	8	1,5	3	19	11	3
22	відправлення	однієї країни	один	4500	100000	12	1,5	3	19	7	2
23	прибуття	–	декілька	4200	115000	12	1,3	3	20	7	2
24	відправлення	різних країн	декілька	4200	115000	8	1,3	3	20	11	3
25	прибуття	–	один	5000	150000	9	1,6	2	20	12	1
26	відправлення	один	один	5000	150000	11	1,6	2	20	6	3
27	прибуття	–	декілька	4900	130000	9	1,2	2	19,5	6	3
28	відправлення	однієї країни	декілька	4900	130000	11	1,2	2	19,5	12	1
29	прибуття	–	один	5500	120000	10	1,1	3	22	12	2
30	відправлення	різних країн	один	5500	120000	9	1,1	3	22	6	1
31	прибуття	–	декілька	6000	130000	9	1,2	2	19,3	8	1
32	відправлення	один	декілька	6000	130000	12	1,2	2	19,3	9	2

По раніше описаному алгоритму, визначаємо ємність універсального складу.

Практична робота № 4. Визначення лінійних розмірів складу

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок знаходження лінійних розмірів складу. У даній роботі студент повинен розрахувати довжину й ширину складу для генеральних і навалочних вантажів.

➤ *Загальні вказівки.* Площа складу генеральних вантажів розраховується по формулі

$$F = \epsilon / (q \cdot K_F), \quad (1)$$

де ϵ – розрахункова ємність складу, т;

K_F – коефіцієнт використання корисної площі складу;

q – технологічне навантаження від вантажу, т/м².

Величина технологічного навантаження на підлогу складу знаходиться як

$$q = \min (q_T, q_V, q_M, q_{TB}), \quad (2)$$

де q_T – нормативне (технічне) експлуатаційне навантаження на причал у зоні складування вантажу т/м²;

q_V – максимальне навантаження на підлогу складу виходячи з вимог схоронності вантажу, розраховується за умови, коли вантаж укладається на максимально можливу висоту, при якій вантаж, його тара й упакування не ушкоджуються, т/м²;

q_M – максимальне навантаження на підлогу складу виходячи з вимог технології завантажувально-розвантажувальних робіт (ЗРР), розраховується за умови, коли вантаж укладається на максимально можливу висоту, яку може забезпечити

складська машина, t/m^2 ;

q_{TB} – максимальне навантаження на підлогу складу виходячи з вимог охорони праці (ТБ), розраховується за умови, коли вантаж укладається на максимально можливу висоту, що допускається «Правилами охорони праці в морських портах», t/m^2 .

$$q_B = n_B \cdot q_1;$$

$$q_M = n_M \cdot q_1;$$

$$q_{TB} = n_{TB} \cdot q_1,$$

де q_1 – навантаження від одного ВМ, t/m^2 ;

n_B – максимальне число ВМ по висоті штабеля, при якому вантаж, його тара й упакування ще не руйнуються. Ця величина може бути задана в явному виді, або розрахована виходячи з максимальної висоти укладання вантажу, або знайдена з максимально припустимого навантаження на нижнє ВМ;

n_M – максимальне число ВМ по висоті штабеля, яке може бути покладено складською машиною. Визначається виходячи з максимальної висоти підйому вантажозахватного органу (ВЗО) машини, висоти ВМ, способу захвату вантажу («знизу», «збоку», «зверху»), величини технологічного зазору, необхідного для безпечного проносу вантажу над перешкодою (0,1 м), наявності й висоти прокладок між рядами вантажу й ін.;

n_{TB} – максимальне число ВМ по висоті штабеля виходячи із ТБ. Ця величина може бути задана в явному виді або розрахована, виходячи з максимальної висоти укладання.

Навантаження від одного ВМ розраховується як

$$q_1 = g / (\ell \cdot b),$$

де g – маса ВМ, т;

ℓ , b – довжина й ширина ВМ, м.

Виходячи з максимальної висоти укладання даного вантажу n_B розраховується по формулі

$$n_B = h_B / h,$$

де h_B – максимальна висота укладання вантажу, яка визначається його властивостями, м;

h – висота ВМ, м.

Виходячи з максимально припустимого навантаження на нижнє ВМ n_B розраховується по формулі

$$n_B = q_{BH} / q_1,$$

q_{BH} – максимальне припустиме навантаження на нижнє ВМ, t/m^2 .

Максимальне число ВМ по висоті штабеля, виходячи з можливості складської машини n_M розраховується по формулі:

– при захваті «знизу»

$$n_M = (h_M - (0,1 + c) + h) / h;$$

– при захваті «збоку»

$$n_M = (h_M - (0,1 + c) + h / 2) / h;$$

– при захваті «зверху»

$$n_M = (h_M - (0,1 + c)) / h,$$

де h_M – максимальна висота підйому ВЗО складської машини, м;

c – товщина прокладок (сепарації), см.

Максимальне число ВМ по висоті штабеля виходячи із ТБ $n_{ТБ}$ розраховується по формулі

$$n_{ТБ} = h_{ТБ} / h,$$

де $h_{ТБ}$ – припустима висота укладання вантажу, що визначається ТБ, м.

Якщо величини $n_{В}$, $n_{М}$ і $n_{ТБ}$ задані в не явному виді (розрахункові), то вони можуть приймати дробове значення.

Довжина покритого (критого) складу (L) береться рівній довжині судна (табл. 2), тобто $L = L_{С}$ із округленням до найближчого меншого цілого числа яке кратне 12 м.

Ширина складу розраховується як

$$B = F / L. \quad (3)$$

Величина B округляється до найближчого більшого цілого числа яке кратне 12.

Якщо значення B округлялося, то знаходиться фактична площа складу ($F_{Ф}$) по формулі

$$F_{Ф} = L \cdot B.$$

➤ Розглянемо особливості знаходження лінійних розмірів складу навалочних вантажів.

Площа такого складу розраховується по формулі (1). Технологічне навантаження q знаходиться з вираження (2), але без урахування величини $n_{ТБ}$, оскільки при перевантаженні таких вантажів в порту, робітники на складському штабелі не перебувають.

Величини $q_{М}$ і $q_{В}$ розраховуються як

$$q_{М} = (h_{М} - a) / u;$$

$$q_{В} = h_{В} / u,$$

де $h_{М}$ – максимальна висота підйому ВЗО складської машини, м;

a – величина технологічного зазору, необхідного для безпечного проносу ВЗО складської машини над штабелем навалочних вантажів (1,0 м);

u – питомий навантажувальний об'єм (ПНО), м³/т.

Число штабелів вантажу по довжині й ширині відкритого складу (як для генеральних, так і навалочних вантажів) залежить від параметрів складської машини, технології її роботи й ін. Так, при використанні порталних кранів число штабелів залежить від максимального вильоту стріли крана, колії порталу, відстані від опори («ноги») крана (підкранової рейки) до штабеля, взаємного перетинання стріл кранів й ін.

Ширина складу, яку може обслуговувати кран визначається з наступного вираження

$$B = R_{СК} - R_{П} / 2 - d, \quad (4)$$

де $R_{СК}$ – максимально можливий на складі виліт стріли крана, м;

$R_{П}$ – ширина колії порталу крана, м;

d – відстані від «ноги» крана (підкранової рейки) до штабеля, м.

Максимально можливий на складі виліт стріли крана, з урахуванням взаємного перетинання стріл кранів визначається по формулі

$$R_{СК} = \sqrt{R_{\max}^2 - R_{X}^2},$$

де R_{\max} – максимальний виліт стріли крана, м;

R_x – величина взаємного перетинання стріл кранів, м.

Можлива довжина відкритого складу розраховується так

$$L = F / V.$$

Якщо $L < L_C$, то довжина складу приймається рівній довжині судна, тобто $L = L_C$, а ширина складу V розраховується по формулі (3).

Якщо $L = L_C$, то перерахування не потрібний, тобто $L = L_C$, а ширина складу приймаються рівній величині V , визначеній по формулі (4).

Якщо $L > L_C$, то необхідно дві лінії складів, які паралельні причалу й обслуговуються двома лініями кранів.

Довжина складу першої та другої лінії приймається рівній довжині судна, тобто $L = L_C$, а ширина складу першої лінії (V_1) приймається рівній величині V , визначеній по формулі (4), тобто $V_1 = V$.

Тоді ширина складу другої лінії (V_2) розраховується по формулі

$$V_2 = F / L - V_1.$$

★ Довжина й ширина складу навалочних вантажів розраховуються без округлення до числа яке кратне 12.

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта з табл. 1 вибирається та виписуються вихідні данні для поштучних вантажів.

Таблиця 1

Варіант	E, т	K _F	q _T , т/м ²	g, т	Розміри ВМ, м			h _M , м	Спосіб захвату ВМ	с, см	h _B , м	q _{BH} , т/м ²	h _{TБ} , м
					ℓ	b	h						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	7500	0,65	5	1	1,2	0,8	1,5	4	«знизу»	8	2,5	–	3
2	7700	0,7	5	1,1	1,25	0,8	1,51	4	«збоку»	8	–	1,1	4
3	7900	0,75	5	1,2	1,3	0,8	1,52	4	«зверху»	8	3	–	5
4	8100	0,65	5	1,3	1,4	0,9	1,54	4	«знизу»	8	–	1,2	6
5	8300	0,7	5	1,4	1,5	0,9	1,55	4	«збоку»	8	3,5	–	3
6	8500	0,75	7,5	1,5	1,55	0,9	1,56	4,5	«зверху»	9	–	1,3	4
8	8900	0,7	7,5	2,5	1,7	1	1,58	4,5	«збоку»	9	–	1,4	6
9	9100	0,75	7,5	2,6	1,8	1	1,59	4,5	«зверху»	9	4,5	–	3
10	9300	0,65	7,5	2,7	1,9	1,1	1,6	4,5	«знизу»	9	–	1,5	4
11	9500	0,7	10	2,8	2	1,1	1,61	5	«збоку»	10	5	–	5
12	9700	0,75	10	2,9	2,05	1,1	1,62	5	«зверху»	10	–	1,6	6
13	9900	0,65	10	3	2,1	1,2	1,63	5	«знизу»	10	5,5	–	3
14	10100	0,7	10	3,1	2,2	1,2	1,64	5	«збоку»	10	–	1,7	4
15	10300	0,75	10	3,2	2,3	1,2	1,65	5	«зверху»	10	6	–	5
16	10500	0,65	12,5	3,3	2,4	1,3	1,66	5,5	«знизу»	11	–	1,8	6
17	10700	0,7	12,5	3,4	2,5	1,3	1,67	5,5	«збоку»	11	6,5	–	3
18	10900	0,75	12,5	3,5	2,6	1,3	1,68	5,5	«зверху»	11	–	1,9	4
19	11100	0,65	12,5	4	2,65	1,4	1,69	5,5	«знизу»	11	7	–	5
20	11300	0,7	12,5	4,5	2,7	1,4	1,7	5,5	«збоку»	11	–	2	6
21	11500	0,75	15	4,6	2,8	1,4	1,71	6	«зверху»	12	7,5	–	3
22	11700	0,65	15	4,7	2,9	1,5	1,72	6	«знизу»	12	–	2,1	4
23	11900	0,7	15	4,8	3	1,5	1,73	6	«збоку»	12	8	–	5

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
24	12100	0,75	15	4,9	3,1	1,5	1,74	6	«зверху»	12	–	2,2	6
25	12300	0,65	15	5	3,15	1,6	1,75	6	«знизу»	12	8,5	–	3
26	12500	0,7	17,5	5,1	3,2	1,6	1,76	6,5	«збоку»	13	–	2,3	4
27	12700	0,75	17,5	5,2	3,3	1,6	1,77	6,5	«зверху»	13	9	–	5
28	12900	0,65	17,5	5,3	3,35	1,7	1,78	6,5	«знизу»	13	–	2,4	6
29	13100	0,7	17,5	5,4	3,4	1,7	1,79	6,5	«збоку»	13	9,5		3
30	13300	0,75	17,5	5,5	3,5	1,7	1,8	6,5	«зверху»	13	–	2,5	4
31	14300	0,75	10	3,2	4,3	1,2	1,65	5	«зверху»	10	6	–	5
32	14500	0,65	12,5	3,3	4,4	1,3	1,66	5,5	«знизу»	11	–	1,8	6

По раніше наданому алгоритму, визначаємо лінійні розміри критого складу.

Після чого, відповідно до варіанта з табл. 2 вибирається та виписуються відповідні данні для навалочних вантажів.

Таблиця 2

Варіант	E, т	K _F	q _T , т/м ²	ПНО, м ³ /т	h _M , м	R _X , м	R _{max} , м	R _П , м	d, м	L _C , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100000	0,65	10	0,6	10	4	20	10,5	2	150
2	105000	0,65	10	0,605	11	5	21	15,3	2,5	151
3	110000	0,65	10	0,61	12	6	23	10,5	3	152
4	115000	0,65	10	0,615	13	7	25	15,3	3,5	153
5	120000	0,65	10	0,62	14	8	27	10,5	2	154
6	125000	0,7	10	0,625	15	9	30	15,3	2,5	155
7	130000	0,7	10	0,63	16	4	32	10,5	3	156
8	135000	0,7	10	0,635	17	5	36	15,3	3,5	157
9	140000	0,7	10	0,64	18	6	40	10,5	2	158
10	145000	0,7	10	0,645	19	7	20	15,3	2,5	159
11	150000	0,75	15	0,65	20	8	21	10,5	3	160
12	155000	0,75	15	0,655	21	9	23	15,3	3,5	161
13	160000	0,75	15	0,66	22	4	25	10,5	2	162
14	165000	0,75	15	0,665	10	5	27	15,3	2,5	163
15	170000	0,75	15	0,67	11	6	30	10,5	3	164
16	175000	0,8	15	0,675	12	7	32	15,3	3,5	165
17	180000	0,8	15	0,68	13	8	36	10,5	2	166
18	185000	0,8	15	0,685	14	9	40	15,3	2,5	167
19	190000	0,8	15	0,69	15	4	20	10,5	3	168
20	195000	0,8	15	0,695	16	5	21	15,3	3,5	169
21	200000	0,85	20	0,7	17	6	23	10,5	2	170
22	205000	0,85	20	0,705	18	7	25	15,3	2,5	171
23	210000	0,85	20	0,71	19	8	27	10,5	3	172
24	215000	0,85	20	0,715	20	9	30	15,3	3,5	173
25	220000	0,85	20	0,72	21	4	32	10,5	2	174
26	225000	0,9	20	0,725	22	5	36	15,3	2,5	175

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27	230000	0,9	20	0,73	10	6	40	10,5	3	176
28	235000	0,9	20	0,735	11	7	20	15,3	3,5	177
29	240000	0,9	20	0,74	12	8	21	10,5	2	178
30	245000	0,9	20	0,75	13	9	23	15,3	2,5	179
31	260000	0,7	15	0,66	22	4	25	10,5	2	182
32	265000	0,7	15	0,665	10	5	27	15,3	2,5	183

По раніше описаному алгоритму, визначаємо лінійні розміри відкритого складу.

Практична робота № 5. Визначення параметрів контейнерного термінала

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок визначення параметрів контейнерного термінала. У даній роботі студенти повинні визначити параметри вантажних фронтів і штабелів контейнерів, виходячи з розмірів площадки або розміру вантажопотоку.

Загальні вказівки. Технологія складування й застосовуване технічне оснащення контейнерних складів повинні забезпечувати найбільш повне використання площі контейнерного майданчика. Ця вимога є загальною й неодмінною умовою досягнення високих економічних показників контейнерного термінала, тому що від цього залежить його спроможність щодо перероблення і основні техніко-економічні показники.

Можливі два випадки розрахунків ємності контейнерного майданчика:

– розміри контейнерного майданчика (довжина, ширина, конфігурація, площа) відомі, потрібно визначити її ємність і можлива спроможність переробки (це випадок реконструкції існуючого термінала);

– відомий річний вантажопотік контейнерів який планується, необхідно визначити ємність і розміри контейнерного майданчика який потребується для переробки цього вантажопотоку (це випадок будівництва нового термінала).

В обох випадках використовується той самий метод розрахунків ємності, але в одному з них вирішується пряме завдання, а в іншому – зворотне.

Загальне число контейнерів, які перебувають на контейнерному майданчику (ємність або місткість площадки), визначається по формулі

$$R = x \cdot y \cdot z, \quad (1)$$

де R – загальне число 20-футових контейнерів, які розміщені на контейнерному майданчику;

x – число контейнерів, що розташовані по ширині площадки, од.;

y – число контейнерів, що містяться по довжині контейнерного майданчика, од.;

z – число ярусів зберігання контейнерів по висоті, од.

Всі розрахунки ведуть на 20-футові контейнери (TEU – twenty feet equivalent unit), що є загальноприйнятою одиницею виміру контейнерних потоків. Фактично на контейнерних терміналах одночасно можуть перебувати 20-футові (20') контейнери (TEU) і 40-футові (40') контейнери (FEU – forty feet equivalent unit), то

число фізичних одиниць (штук) контейнерів на площадці буде менше. Частка 40' і 20' контейнерів у загальному контейнеропотоку, враховується за допомогою коефіцієнта фактичного числа контейнерів (k_1), що визначається по формулі

$$k_1 = (FEU + TEU) / (2 \cdot FEU + TEU),$$

де FEU – кількість 40' контейнерів у транспортній партії;

TEU – кількість 20' контейнерів у транспортній партії.

Якщо немає точних даних по частці 40' і 20' контейнерів у загальному контейнеропотоку, можна орієнтовно приймати k_1 від 0,6 до 0,7.

Можливі два підходи до рішення поставлених завдань:

- попередня оцінка ємності контейнерного майданчика;
- розрахунок загального числа контейнерів на складській площадці.

Однак, для розрахунків ємності контейнерного майданчика це не має значення. Просто на площі, займаній 1 FEU, будуть розташовані 2 TEU.

➤ Попередня оцінка ємності контейнерного майданчика.

▲ Коли розміри контейнерного майданчика відомі, ємність площадки R можна оцінювати орієнтовно по укрупнених вимірниках площі яка потрібна ΔS , m^2/TEU , розраховуючи на 1 контейнер TEU по формулі

$$R = S / \Delta S,$$

де R – загальне число контейнерів TEU, що міститься на площадці, од.;

S – площа контейнерного майданчика, m^2 :

- при простій формі площадки у вигляді прямокутника

$$S = L \cdot B,$$

де L – довжина контейнерного майданчика, м;

B – ширина контейнерного майданчика, м;

- при площадці у формі трапеції

$$S = (L_1 + L_2) / 2 \cdot B,$$

де L_1, L_2 – довжини підстави трапеції, м;

ΔS – питомий показник площі яка потрібна для розміщення 1 контейнера TEU:

- для контейнерних майданчиків з автонавантажувачем-річстакером, при складуванні контейнерів в 3 яруси по висоті ΔS дорівнює від 20 m^2/TEU до 22 m^2/TEU ;

- при складуванні контейнерів за допомогою порталних автонавантажувачів (ПАН або SC – straddle carrier) ΔS дорівнює від 13 m^2/TEU до 18 m^2/TEU ;

- при складуванні контейнерів за допомогою козлового контейнерного перевантажувача ΔS дорівнює від 8 m^2/TEU до 10 m^2/TEU ;

- при складуванні контейнерів за допомогою безрейкового пневмоколісного крана (ППК або RTG – rubber tyred gantry) ΔS дорівнює від 6 m^2/TEU до 8 m^2/TEU ;

▲ У випадку, якщо розміри контейнерного майданчика невідомі, а відомий планований річний вантажопотік контейнерів Q_P , TEU/рік, то спочатку розраховують коефіцієнт оборотності контейнерів

$$\eta = 365 / \tau_{ЗБ},$$

де 365 – число діб у року;

$\tau_{ЗБ}$ – строк зберігання контейнерів на терміналі, діб.

Термін зберігання завантажених контейнерів у країні коливається від 5 діб до 15 діб. У морських портах строк зберігання становить від 6 діб до 8 діб. За кордоном контейнери обертаються швидше, і строк зберігання їх на терміналі становить від 2 діб до 5 діб.

При призначенні строку зберігання контейнерів на терміналі рекомендується керуватися статистичними даними по якому-небудь діючому аналогічному терміналу, однак при цьому враховувати наступні фактори:

- наявність і частка постійних клієнтів, що направляють свої контейнери на термінал;
- наявність і частка крупних клієнтів, що направляють контейнери великими транспортними партіями;
- особливості розташування терміналу;
- наявність морського порту;
- маршрути доставки контейнерів на термінал і з терміналу, наявність митного поста на терміналі та ін.

По порожніх контейнерах терміни зберігання встановлюються більше, у межах від 15 діб до 25 діб, у тому числі для лінійних контейнерів закордонних судноплавних компаній.

Знаючи коефіцієнт оборотності контейнерів η , визначають потрібну ємність контейнерного майданчика R (TEU) по формулі

$$R = Q_p / \eta,$$

де Q_p – планований річний вантажопотік контейнерів, TEU/рік.

Далі вирішується зворотне завдання по формулі (1): знаючи потрібну ємність контейнерного майданчика R , визначають величини x , y , z в TEU і необхідні розміри контейнерного майданчика.

Оскільки невідомих три, а рівняння всього одне, то потрібно деякі з невідомих величин попередньо задавати. Число ярусів по висоті для завантажених контейнерів приймаємо $z = 3$, а для порожніх контейнерів $z = 5$.

Тоді залишається тільки два невідомих – x та y .

Число контейнерів по довжині площадки можна визначити виходячи із заданої довжини площадки, яка може бути, наприклад, прийнята по довжині фронту подачі для установки фітингових платформ під завантаження-розвантаження контейнерів

$$L = m_{\Pi} \cdot \ell_{\text{фп}},$$

де m_{Π} – число фітингових платформ у подачі на термінал;

$\ell_{\text{фп}}$ – довжина 60-футової (60') фітинговій платформи по автозчепленням, м.

Число фітингових платформ m_{Π} у подачі вагонів на термінал може бути визначено, виходячи з розрахункового добового вантажопотоку контейнерів по формулі

$$m_{\Pi} = Q_p \cdot k_H / (365 \cdot 3 \cdot p),$$

де k_H – коефіцієнт нерівномірності добового вантажопотоку (приймається по аналогічному терміналу в межах від 1,1 до 1,3);

3 – число 20' контейнерів на фітинговій 60' платформі;

p – число подач вагонів з контейнерами на термінал за добу зі станції примикання. Воно приймається від 1 до 3 подач на добу – залежно від величини кон-

тейнеропотоку, організації маневрової роботи, довжини вантажних фронтів для обробки контейнерних перевезень й ін.

Знаючи довжину контейнерного майданчика L , можна визначити число контейнерів, розташовуваних по довжині площадки.

$$v = \varepsilon\{(L - m \cdot A) / 6,3\}, \quad (2)$$

де $\varepsilon\{\dots\}$ – позначає цілу частину числа, отриманого в результаті виконання дій у дужках (округляється в найближчу меншу сторону до цілого числа контейнерів);

m – число поперечних проїздів на площадці (для річстакера визначається відстанями між ними в межах від 70 м до 80 м по довжині площадки);

A – ширина проїзду для навантажувача із крановою стрілою (річстакера), яка прийнята 15 м;

6,3 – довжина 1 контейнера TEU із зазорами між контейнерами, м. $6300 - 6048 = 252$ мм.

Тепер у рівнянні (1) залишилося одне невідоме x – число контейнерів TEU, розташовуваних по ширині площадки, яке можна обчислити по цій формулі, вирішуючи зворотне завдання

$$x = \varepsilon\{R / (y \cdot z)\} + 1,$$

Далі визначається ширина контейнерного майданчика B по формулі

$$B = x \cdot 2,6 + B_3 + B_{\text{ПР}} \cdot n_{\text{ПР}},$$

де 2,6 – ширина площадки (м), яка займається контейнером, з урахуванням ширини самого контейнера (2438 мм) і зазору між контейнерами в штабелі $2600 - 2438 = 162$ мм;

B_3 – ширина поздовжнього проїзду ($B_3 = 25$ м) уздовж залізничної колії, що включає: проїзд для автонавантажувача-річстакера, 2 смуги руху автомобілів уздовж залізничної колії (1 автомобіль завантажується річстакером, інші проїжджають мимо) і габарит наближення до залізничної колії 2,5 м;

$B_{\text{ПР}}$ – ширина проїзду для автонавантажувача-річстакера, $B_{\text{ПР}} = 15$ м;

$n_{\text{ПР}}$ – число поздовжніх проходів для автонавантажувача (приймається з розрахунку так, щоб число контейнерів від проходу в глибину штабеля було не більше ніж 3 або 4).

► Розрахунок загального числа контейнерів на складській площадці, коли її розміри відомі, здійснюється залежно від застосованих підйомно-транспортних машин (ПТМ):

- автонавантажувача-річстакера;
- портального автонавантажувача ПАН;
- козлового контейнерного перевантажувача;
- безрейкового пневмоколісного крана ППК.

▲ Число контейнерів по ширині площадки для контейнерного майданчика з автонавантажувачем (річстакером)

$$x = \varepsilon\{(B - n \cdot A - 25) / 2,6\},$$

де n – число поздовжніх проїздів між штабелями контейнерів (визначається відстанями між ними в межах від 15 м до 20 м по ширині площадки).

Для визначення числа контейнерів x по ширині контейнерного майданчика спочатку обчислюють число поздовжніх проходів n , яке залежить від числа контейнерів, установлюваних по глибині штабеля x_1

$$n = \varepsilon \{(B - 2,6 \cdot x_1 - 25) / (5,2 \cdot x_1 + A)\} + 1.$$

Число контейнерів, розташовуваних по довжині площадки, визначають по формулі (2).

Число ярусів зберігання контейнерів по висоті z при обслуговуванні контейнерного майданчика автонавантажувачем-річстакером приймають:

– для завантажених контейнерів z дорівнює 2 або 3;

– для порожніх контейнерів z дорівнює 4 або 5.

▲ Для контейнерного майданчика з козловим краном число контейнерів по ширині площадки визначається по формулі

$$x = \varepsilon \{(L_{\text{ПР}} - 2 \cdot 1,5 - n_3 \cdot 4,9) / 2,6\},$$

де $L_{\text{ПР}}$ – проліт козлового контейнерного крана, м, приймають 25 м або 32 м;

2 – число зазорів між опорою з ходовими колесами й штабелем контейнерів у прольоті крана (із двох сторін);

1,5 – зазор по ширині площадки між підкрановим шляхом і штабелем контейнерів, м;

n_3 – число залізничних колій, що введені у проліт козлового крана (приймають 1, 2 або 0, тобто в проліт шляхи можуть не вводитися, а підходити під консолі крана – під одну або під обидві);

4,9 – ширина (м) габариту наближення будівель до залізничної колії за нормативами (по 2,45 м у кожену сторону від осі шляху).

Якщо залізничні колії (1 або 2) введені в проліт козлового крана, то під одною з консолей можна поставити ще два ряди контейнерів, так як виліт консолей у контейнерних козлових кранів дорівнює 8 м. Тоді загальне число контейнерів по ширині контейнерного майданчика складе $x + 2$.

Число контейнерів по довжині площадки з козловим краном визначається по формулі

$$y = \varepsilon \{(L - 2 \cdot 10 - n \cdot 1,5) / 6,3\},$$

де 2 – число прольотів контейнерного майданчика;

10 – резерв довжини площадки на наближення крана до контейнера в торці площадки, м;

n – число поперечних протипожежних проходів на площадці з козловим краном у прольоті крана (визначається відстанями між ними в межах від 30 м до 50 м);

1,5 – ширина поперечного проходу між контейнерами, м.

Число ярусів контейнерів по висоті штабеля z для площадки з козловим краном приймають 2 або 3.

Послідовність і порядок розрахунку для контейнерного майданчика з козловим краном – такі ж, як для варіанта з річстакерами.

▲ Для варіанта оснащення контейнерного майданчика ПАН – число контейнерів по ширині площадки визначається по формулі

$$x = \varepsilon \{(B - 2 \cdot 4) / 4,3\},$$

де 2 – число бічних проходів уздовж площадки (по обидва боки);

4 – ширина поздовжніх проїздів для автотранспорту уздовж площадки зберігання контейнерів, м;

4,3 – округлена ширина одного поздовжнього ряду контейнерів, м (контей-

нер 2438 мм і проїзд між рядами контейнерів 1800 мм).

Число контейнерів по довжині зони зберігання, що обслуговується ПАН

$$y = \varepsilon \{(L - 2 \cdot 20) / 6,3\},$$

де 20 – відстань (м) по довжині площадки на вихід ПАН із зони штабельного зберігання з 40' контейнером (у кожному торці);

2 – число торців контейнерного майданчика.

Число ярусів по висоті штабеля для ПАН приймають $z = 2$ (так як при $z = 3$ вартість ПАН дуже велика).

Всі інші розрахунки при визначенні ємності контейнерного майданчика, що обслуговується ПАН, такі ж, як наведені раніше для площадки з автотранспортом з висувною крановою стрілою (АКС) – річстакерами.

▲ Для варіанта оснащення контейнерного майданчика мостовими* ППК число контейнерів x по ширині площадки визначається за даними компаній-виробників RTG залежно від наявної ширини площадки – по прольоті RTG – $L_{\text{ПР}}^{\text{R}}$:

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 20,8$ м $x = 5$ і проїзд для автомобіля;

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 23,6$ м $x = 6$ і проїзд для автомобіля;

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 26,4$ м $x = 7$ і проїзд для автомобіля;

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 29,2$ м $x = 8$ і проїзд для автомобіля.

*У відповідності до ДСТУ 2986-95 [8] RTG (ППК) є козловим краном, але для зручності пояснення розрахунків у цій роботі будемо його називати мостовим.

Число контейнерів по довжині площадки з RTG визначається по такій же формулі, як і для ПАН.

Число ярусів контейнерів по висоті штабеля приймається за даними компанії-виробника крана на пневмоході RTG залежно від висоти підйому спредерного ВЗО $H_{\text{П}}$:

– при $H_{\text{П}} = 12340$ мм $z = 3$ – модель «1 через 3»;

– при $H_{\text{П}} = 15240$ мм $z = 4$ – модель «1 через 4»;

– при $H_{\text{П}} = 18100$ мм $z = 5$ – модель «1 через 5»;

– при $H_{\text{П}} = 21000$ мм $z = 6$ – модель «1 через 6».

Висота підйому спредера в RTG розрахована так, щоб можна було складувати у зазначене число ярусів по висоті контейнери підвищеного об'єму (high cube – по англійській термінології), висотою 9,5 футів (2900 мм).

▲ Після того, як установлена ємність контейнерного майданчика, її спроможність щодо переробки визначається по формулі

$$Q_{\text{P}} = R \cdot \eta = R \cdot 365 / \tau_{\text{ЗБ}}. \quad (3)$$

Розрахунки по цій формулі виконуються окремо по кожному типу контейнерів, так як по них можуть бути різні строки зберігання.

▲ У випадку будівництва нового контейнерного терміналу його потрібна спроможність щодо переробки повинна бути задана, тобто величина Q_{P} відома.

Тому при розрахунках по формулі (3) вирішується зворотне завдання – по відомому вантажопотоку визначається потрібна ємність контейнерного майданчика, TEU

$$R = Q_{\text{P}} \cdot \tau_{\text{ЗБ}} / 365.$$

При необхідності по цій формулі можуть бути окремо визначені потрібні ємності контейнерних майданчиків для різних типів контейнерів, для завантаже-

них і порожніх контейнерів.

➤ Далі виконуються розрахунки завантажувально-розвантажувальних ділянок контейнерного терміналу, на яких здійснюється завантаження й (або) розвантаження завантажених і порожніх контейнерів із залізничних (фітінгових) платформ і з автомобілів. Ці ділянки можуть бути спеціалізованими (тільки для завантаження або тільки для розвантаження, тільки для завантажених або тільки для порожніх контейнерів) або суміщені, на яких виконуються завантаження й розвантаження завантажених і порожніх контейнерів.

Довжина ділянки завантаження-розвантаження залізничних вагонів на контейнерному майданчику визначається по формулі

$$L_3 = Q_{\text{ДОБ}} / p \cdot L_1,$$

де $Q_{\text{ДОБ}}$ – розрахунковий добовий вантажопотік контейнерів на терміналі, TEU/доба. Частина із цих контейнерів прибуває по залізниці, інша частина відправляється по залізниці. Якщо неможливо досить точно встановити, яка частина контейнерів буде приходити по залізниці і яка – на автомобілях, яку частину фітінгових платформ можна обслужити по здвоєній операції розвантаження-завантаження, то в цьому розрахунку приймається, що всі контейнери або приходять, або відправляються на залізничному транспорті; при перевезеннях у «маршрутних» контейнерних поїздах $Q_{\text{ДОБ}}$ може бути прийнято рівним числу контейнерів TEU у «маршрутному» поїзді;

L_1 – довжина залізничної колії, яка необхідна для установки однієї фітінгової платформи, м:

– 40-футової (40') на 2 TEU довжиною $L_1 = 15$ м;

– 60-футової (60') на 3 TEU або 1 FEU + 1 TEU довжиною $L_1 = 20$ м;

– 80 футової (80') довго-базової на 2 FEU довжиною $L_1 = 26$ м.

Розрахунковий добовий вантажопотік по прибуттю контейнерів на термінал може бути визначений по формулі, TEU/доба

$$Q_{\text{ДОБ}} = Q_p / 365 \cdot k_H,$$

де Q_p – річний вантажопотік терміналу (річна спроможність щодо переробки по прибуттю, TEU/рік).

Якщо вантажний термінал формує або обробляє «маршрутні» контейнерні поїзди, то загальна довжина залізничних колій на ньому повинна бути не менш 850 м – для можливості установки повнопоїзного контейнерного поїзда, який складається з 41 фітінгової 40' платформи. Оскільки такої довжини площадки бувають рідко, то передбачають від 2 до 3 шляхів загальною довжиною 850 м.

Час розвантаження подачі вагонів з контейнерами визначається по формулі

$$T = Q_{\text{ДОБ}} \cdot k_1 \cdot t / (p \cdot 60),$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує фактичне число контейнерів через наявність частини 40' контейнерів;

t – середній час циклу перевантаження 1 контейнера, хв. Визначається розрахунком, по хронометражу або t приймається в межах від 3 хв до 5 хв – залежно від типу ПТМ, технології роботи, способу підготовки до розвантаження або завантаження контейнерного поїзда, кваліфікації водія;

60 – число хвилин у годині.

Число місць одночасного завантаження-розвантаження контейнерів з авто-

мобілів на площадці визначають так

$$m_A = Q_{\text{ДОБ}} \cdot k_1 \cdot t_A / (1 \cdot T_A \cdot 60)$$

де t_A – час циклу ПТМ при розвантаженні або завантаженні контейнера на автомобіль, хв. Цей час для контейнерів, що розвантажуються, складає від 3 хв до 4 хв, а для контейнерів, що завантажуються на автомобіль від 5 хв до 7 хв. Так як іноді доводиться для доступу до потрібного контейнера переставляти від 1 до 2 інших контейнери, тому в середньому варто приймати t від 4 хв до 6 хв;

1 – число контейнерів на автомобілі, конт./авт.;

T_A – час роботи контейнерного терміналу на добу по обслуговуванню автомобільного транспорту, год. Приймається T_A від 8 год/добу до 10 год/добу (оскільки автомобільний транспорт уночі не працює).

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта по табл. 1 вибираються й виписуються вихідні дані для розрахунків по попередній оцінці ємності контейнерного майданчика:

Таблиця 1

Ва- ріант	L_{Π} , м	B_{Π} , м	$Q_{P\Pi}$, TEU/рік	$\tau_{ЗБ}^B$	$\tau_{ЗБ}^{\Pi}$	k_H	Ва- ріант	L_{Π} , м	B_{Π} , м	$Q_{P\Pi}$, TEU/рік	$\tau_{ЗБ}^B$	$\tau_{ЗБ}^{\Pi}$	k_H
1	150	50	10000	6	15	1,1	17	450	60	20000	7	20	1,25
2	200	55	20000	7	16	1,15	18	500	65	30000	8	21	1,3
3	250	60	30000	8	17	1,2	19	550	70	40000	6	22	1,1
4	300	65	40000	6	18	1,25	20	600	75	50000	7	23	1,15
5	350	70	50000	7	19	1,3	21	150	80	60000	8	24	1,2
6	400	75	60000	8	20	1,1	22	200	85	70000	6	25	1,25
7	450	80	70000	6	21	1,15	23	250	90	80000	7	15	1,3
8	500	85	80000	7	22	1,2	24	300	100	90000	8	16	1,1
9	550	90	90000	8	23	1,25	25	350	105	100000	6	17	1,15
10	600	100	100000	6	24	1,3	26	400	110	110000	7	18	1,2
11	150	105	110000	7	25	1,1	27	450	115	120000	8	19	1,25
12	200	110	120000	8	15	1,15	28	500	120	130000	6	20	1,3
13	250	115	130000	6	16	1,2	29	550	50	140000	7	21	1,1
14	300	120	140000	7	17	1,25	30	600	55	150000	8	22	1,15
15	350	50	150000	8	18	1,3	31	150	50	10000	6	15	1,1
16	400	55	10000	6	19	1,2	32	200	55	20000	7	16	1,15

✓ довжину контейнерного майданчика, L_{Π} , м;

✓ ширину контейнерного майданчика, B_{Π} , м;

✓ планований річний вантажопотік контейнерів, $Q_{P\Pi}$, TEU/рік;

✓ строк зберігання контейнерів з вантажем на терміналі $\tau_{ЗБ}^B$, діб;

✓ строк зберігання порожніх контейнерів на терміналі $\tau_{ЗБ}^{\Pi}$, діб;

✓ коефіцієнт нерівномірності добового вантажопотоку, k_H .

▲ Спочатку робимо орієнтовно оцінку ємності площадки по укрупнених вимірниках потрібної площі ΔS (m^2/TEU), коли розміри контейнерного майданчика відомі.

Для цього розраховуємо площу контейнерного майданчика (S) у вигляді простої форми прямокутника, m^2

$$S = L_{\Pi} \cdot B_{\Pi}.$$

Ємність площадки R (од.) розраховуємо для різних видів використовуваних ПТМ із вираження

$$R = S / \Delta S,$$

де ΔS – питомий показник потрібної площі для розміщення 1 контейнера TEU при використанні:

- автонавантажувача-річстакера $\Delta S = 20 \text{ м}^2/\text{TEU}$;
- порталного автонавантажувача ПАН $\Delta S = 15 \text{ м}^2/\text{TEU}$;
- козлового контейнерного перевантажувача $\Delta S = 8 \text{ м}^2/\text{TEU}$;
- безрейкового ППК $\Delta S = 6 \text{ м}^2/\text{TEU}$.

▲ Тепер визначаємо орієнтовно ємність площадки, коли розміри контейнерного майданчика невідомі, а відомий планований річний вантажопотік контейнерів Q_P^{Π} , TEU/рік.

Спочатку розраховують коефіцієнт оборотності завантажених (з вантажем) і порожніх контейнерів з вираження

$$\eta_B = 365 / \tau_{ЗБ}^B; \quad \eta_{\Pi} = 365 / \tau_{ЗБ}^{\Pi}.$$

Приймаємо, що кількість завантажених контейнерів становить 70 % у річному вантажопотоку контейнерів, тоді

$$\eta = 0,7 \cdot \eta_B + 0,3 \cdot \eta_{\Pi}.$$

Визначаємо потрібну ємність контейнерного майданчика R (TEU) по формулі

$$R = \varepsilon \{ Q_P^{\Pi} / \eta \} + 1,$$

де $\varepsilon \{ \dots \}$ – позначає цілу частину числа, отриманого в результаті виконання дій у дужках (округляється в найближчу меншу сторону до цілого числа контейнерів);

Q_P^{Π} – планований річний вантажопотік контейнерів, TEU/рік.

Далі визначаємо величини x , y , z в TEU і потрібні розміри контейнерного майданчика.

Приймаємо число ярусів по висоті $z = 3$.

Довжину площадки (L) приймаємо рівній довжині фронту подачі для установки фітінгових платформ під завантаження-розвантаження контейнерів

$$L = m_{\Pi} \cdot \ell_{\text{ФП}},$$

де m_{Π} – число фітінгових платформ у подачі на термінал;

$\ell_{\text{ФП}}$ – довжина 60' фітінгової платформи по автозчепленням, м, $\ell_{\text{ФП}} = 19,62$ м.

Число фітінгових платформ m_{Π} у подачі вагонів на термінал визначаємо, виходячи з розрахункового добового вантажопотоку контейнерів по формулі

$$m_{\Pi} = Q_P \cdot k_H / (365 \cdot 3 \cdot p),$$

де 3 – число 20' контейнерів на фітінговій 60' платформі;

p – число подач вагонів з контейнерами на термінал за добу зі станції примикання, приймаємо $p = 2$.

Знаючи довжину контейнерного майданчика L, можна визначити число контейнерів, розташовуваних по довжині площадки.

$$y = \varepsilon \{ (L - m \cdot A) / 6,3 \},$$

де m – число поперечних проїздів по площадці

$$m = \varepsilon \{ L / 70 \};$$

A – ширина проїзду для навантажувача (річстакера), $A = 15$ м.

Тепер розраховуємо число контейнерів TEU, розташованих по ширині площадки (x)

$$x = \varepsilon \{R / (y \cdot z)\} + 1.$$

Визначаємо ширину контейнерного майданчика B по формулі

$$B = x \cdot 2,6 + B_3 + V_{\text{ПР}} \cdot n_{\text{ПР}},$$

де B_3 – ширина поздовжнього проїзду уздовж залізничної колії, що включає: проїзд для автотранспорту-річстакера, 2 смуги руху автомобілів уздовж залізничної колії, $B_3 = 25$ м;

$V_{\text{ПР}}$ – ширина проїзду для автотранспорту-річстакера, $V_{\text{ПР}} = 15$ м;

$n_{\text{ПР}}$ – число поздовжніх проходів для автотранспорту

$$n_{\text{ПР}} = \varepsilon \{x / 3\}.$$

➤ Приступаємо до розрахунку загального числа контейнерів на складській площадці, коли її розміри відомі, залежно від використовуваного ПТМ.

Для цього, відповідно до варіанта по табл. 2 вибираються й виписуються додаткові вихідні дані для розрахунків:

- ✓ довжина прольоту козлового контейнерного крана $L_{\text{ПР}}$, м;
- ✓ число залізничних колій, уведених у проліт козлового крана n_3 , од.;
- ✓ величина прольоту RTG $L_{\text{ПР}}^R$, м;
- ✓ висоти підйому спредерного ВЗО RTG $H_{\text{П}}$, м;
- ✓ тип фітінгової платформи.

Таблиця 2

Варіант	$L_{\text{ПР}}$, м	n_3 , од.	$L_{\text{ПР}}^R$, м	$H_{\text{П}}$, м	Тип	Варіант	$L_{\text{ПР}}$, м	n_3 , од.	$L_{\text{ПР}}^R$, м	$H_{\text{П}}$, м	Тип
1	25	0	20,8	12,34	40'	17	25	1	20,8	12,34	60'
2	32	1	23,6	15,24	60'	18	32	2	23,6	15,24	80'
3	25	2	26,4	18,1	80'	19	25	0	26,4	18,1	40'
4	32	0	29,2	21	40'	20	32	1	29,2	21	60'
5	25	1	20,8	12,34	60'	21	25	2	20,8	12,34	80'
6	32	2	23,6	15,24	80'	22	32	0	23,6	15,24	40'
7	25	0	26,4	18,1	40'	23	25	1	26,4	18,1	60'
8	32	1	29,2	21	60'	24	32	2	29,2	21	80'
9	25	2	20,8	12,34	80'	25	25	0	20,8	12,34	40'
10	32	0	23,6	15,24	40'	26	32	1	23,6	15,24	60'
11	25	1	26,4	18,1	60'	27	25	2	26,4	18,1	80'
12	32	2	29,2	21	80'	28	32	0	29,2	21	40'
13	25	0	20,8	12,34	40'	29	25	1	20,8	12,34	60'
14	32	1	23,6	15,24	60'	30	32	2	23,6	15,24	80'
15	25	2	26,4	18,1	80'	31	25	0	26,4	18,1	40'
16	32	0	29,2	21	40'	32	32	1	29,2	21	60'

Довжину контейнерного майданчика ($L_{\text{П}}$), яка визначена по табл. 1 позначаємо через L , тобто $L = L_{\text{П}}$.

Ширину контейнерного майданчика ($B_{\text{П}}$), яка визначена по табл. 1 позначаємо через B , тобто $B = B_{\text{П}}$.

▲ При використанні автонавантажувача-річстакера, число контейнерів по ширині площадки

$$x = \varepsilon \{(B - n \cdot A - 25) / 2,6\},$$

де n – число поздовжніх проїздів між штабелями контейнерів

$$n = \varepsilon \{(B - 2,6 \cdot x_1 - 25) / (5,2 \cdot x_1 + A)\} + 1;$$

x_1 – число контейнерів, установлюваних по глибині штабеля, для розрахунків приймаємо $x_1 = 6$;

A – ширина проїзду для навантажувача (річстакера), $A = 15$ м.

Число контейнерів розташованих по довжині площадки

$$y = \varepsilon \{(L - m \cdot A) / 6,3\},$$

де m – число поперечних проїздів по площадці

$$m = \varepsilon \{L / 70\}.$$

Число ярусів зберігання контейнерів по висоті z при обслуговуванні контейнерного майданчика автонавантажувачем-річстакером приймаємо:

– для завантажених (з вантажем) контейнерів $z_B = 2$;

– для порожніх контейнерів $z_{\Pi} = 4$.

Розраховуємо число завантажених (R_B) і порожніх (R_{Π}) контейнерів, яке може перебувають на контейнерному майданчику

$$R_B = x \cdot y \cdot z_B;$$

$$R_{\Pi} = x \cdot y \cdot z_{\Pi}.$$

Приймаємо, що кількість завантажених контейнерів становить 70 % у річному вантажопотоку контейнерів, тоді загальне число контейнерів

$$R' = 0,7 \cdot R_B + 0,3 \cdot R_{\Pi};$$

$$R'' = \varepsilon \{R'\};$$

$$R = \begin{cases} R'', & \text{якщо } R'' \geq R'; \\ R'' + 1, & \text{якщо } R'' < R'. \end{cases}$$

▲ Для контейнерного майданчика з козловим краном число контейнерів по ширині площадки визначається по формулі

$$x = \varepsilon \{(L_{\text{пр}} - 2 \cdot 1,5 - n_3 \cdot 4,9) / 2,6\},$$

де 2 – число зазорів між опорою з ходовими колесами й штабелем контейнерів у прольоті крана (із двох сторін);

1,5 – зазор по ширині площадки між підкрановим шляхом і штабелем контейнерів, м;

4,9 – ширина габариту наближення будівель до залізничної колії, м.

Якщо залізничні колії введені в проліт козлового крана ($n_3 = 1$ або $n_3 = 2$), то число контейнерів по ширині площадки визначається по формулі

$$x = \varepsilon \{(L_{\text{пр}} - 2 \cdot 1,5 - n_3 \cdot 4,9) / 2,6\} + 2.$$

Число контейнерів по довжині площадки з козловим краном визначається по формулі

$$y = \varepsilon \{(L - 2 \cdot 10 - n \cdot 1,5) / 6,3\},$$

де 2 – число прольотів контейнерного майданчика;

10 – резерв довжини площадки на наближення крана до контейнера в торці площадки, м;

n – число поперечних протипожежних проходів на площадці з козловим краном у прольоті крана

$$n = \varepsilon\{L / 40\};$$

1,5 – ширина поперечного проходу між контейнерами, м.

Число ярусів контейнерів по висоті штабеля для площадки з козловим краном приймаємо рівним 2, тобто $z = 2$.

Розраховуємо загальне число контейнерів, які перебувають на контейнерному майданчику по формулі

$$R = x \cdot y \cdot z.$$

▲ Для варіанта оснащення контейнерного майданчика ПАН – число контейнерів по ширині площадки визначається по формулі

$$x = \varepsilon\{(B - 2 \cdot 4) / 4,3\},$$

де 2 – число бічних проходів уздовж площадки (по обидва боки);

4 – ширина поздовжніх проїздів для автотранспорту уздовж площадки зберігання контейнерів, м;

4,3 – округлена ширина одного поздовжнього ряду контейнерів, м.

Число контейнерів по довжині зони зберігання, що обслуговується ПАН

$$y = \varepsilon\{(L - 2 \cdot 20) / 6,3\},$$

де 20 м – відстань по довжині площадки на вихід ПАН із зони штабельного зберігання з 40' контейнером (у кожному торці);

2 – число торців контейнерного майданчика.

Число ярусів по висоті штабеля для ПАН приймаємо рівним 2, тобто $z = 2$.

Розраховуємо загальне число контейнерів, які перебувають на контейнерному майданчику по формулі

$$R = x \cdot y \cdot z.$$

▲ Для варіанта оснащення контейнерного майданчика мостовими ППК число контейнерів по ширині (x) площадки визначається за даними компаній-виробників RTG залежно від наявної ширини площадки – по прольоту RTG – $L_{\text{ПР}}^{\text{R}}$:

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 20,8$ м $x_{\text{ПР}} = 5$ і проїзд для автомобіля;

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 23,6$ м $x_{\text{ПР}} = 6$ і проїзд для автомобіля;

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 26,4$ м $x_{\text{ПР}} = 7$ і проїзд для автомобіля;

– при $L_{\text{ПР}}^{\text{R}} = 29,2$ м $x_{\text{ПР}} = 8$ і проїзд для автомобіля.

Якщо ширина складської площадки (B) більше довжини прольоту RTG ($L_{\text{ПР}}^{\text{R}}$), тобто $B > L_{\text{ПР}}^{\text{R}}$, то по її ширині можуть працювати одночасно декілька RTG. Тоді число контейнерів по ширині площадки визначається по формулі

$$x = n_{\text{R}} \cdot x_{\text{ПР}},$$

де n_{R} – кількість RTG одночасно працюючих по ширині площадки, од.;

$x_{\text{ПР}}$ – кількість контейнерів по ширині прольоту RTG, од.

$$n_{\text{R}} = \varepsilon\{B / L_{\text{ПР}}^{\text{R}}\}.$$

Число контейнерів по довжині площадки з RTG визначається по такій же формулі, як і для ПАН

$$y = \varepsilon\{(L - 2 \cdot 20) / 6,3\}.$$

Число ярусів контейнерів по висоті штабеля приймається за даними компанії-виробника крана на пневмоході RTG залежно від висоти підйому спредерного ВЗО $H_{\text{П}}$:

– при $H_{\text{П}} = 12340$ мм $z = 3$ – модель «1 через 3»;

- при $H_{\Pi} = 15240$ мм $z = 4$ – модель «1 через 4»;
- при $H_{\Pi} = 18100$ мм $z = 5$ – модель «1 через 5»;
- при $H_{\Pi} = 21000$ мм $z = 6$ – модель «1 через 6».

Розраховуємо загальне число контейнерів, які перебувають на контейнерному майданчику по формулі

$$R = x \cdot y \cdot z.$$

▲ Після того, як встановлена ємність контейнерного майданчика для кожного виду ПТМ, її спроможність щодо переробки визначається по формулі

$$Q_P = R \cdot 365 / \tau_{ЗБ}.$$

де $\tau_{ЗБ}$ – строк зберігання контейнерів на терміналі, днів.

Приймаємо, що кількість завантажених контейнерів становить 70 % у річному вантажопотоку контейнерів, тоді

$$\tau_{ЗБ} = 0,7 \cdot \tau_{ЗБ}^B + 0,3 \cdot \tau_{ЗБ}^П.$$

Значення $\tau_{ЗБ}^B$ і $\tau_{ЗБ}^П$ були визначені по варіанту в табл. 1.

➤ Далі виконуються розрахунки завантажувально-розвантажувальних ділянок контейнерного терміналу, на яких здійснюється завантаження й (або) розвантаження завантажених і порожніх контейнерів із залізничних (фітінгових) платформ і з автомобілів для кожного типу ПТМ.

Довжина ділянки завантаження-розвантаження залізничних вагонів на контейнерному майданчику визначається по формулі

$$L_3 = Q_{ДОБ} / p \cdot L_1,$$

де $Q_{ДОБ}$ – розрахунковий добовий вантажопотік контейнерів на терміналі, TEU/доба;

L_1 – довжина залізничної колії, яка необхідна для установки однієї фітінгової платформи, м:

- 40-футової (40') на 2 TEU довжиною $L_1 = 15$ м;
- 60-футової (60') на 3 TEU або 1 FEU + 1 TEU довжиною $L_1 = 20$ м;
- 80 футової (80') довго-базової на 2 FEU довжиною $L_1 = 26$ м.

Розрахунковий добовий вантажопотік по прибуттю контейнерів на термінал може бути визначений по формулі, TEU/доба

$$Q_{ДОБ} = Q_P / 365 \cdot k_H,$$

де k_H – коефіцієнт нерівномірності добового вантажопотоку (приймається по табл. 1).

Час розвантаження подачі вагонів з контейнерами визначається по формулі

$$T = Q_{ДОБ} \cdot k_1 \cdot t / (p \cdot 60),$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує фактичне число контейнерів через наявність частини 40' контейнерів, приймаємо $k_1 = 0,7$;

t – середній час циклу перевантаження 1 контейнера, хв., приймаємо $t = 4$ хв.

60 – число хвилин у годині.

Число місць одночасного завантаження-розвантаження контейнерів з автомобілів на площадці визначають так

$$m_A = Q_{ДОБ} \cdot k_1 \cdot t_A / (1 \cdot T_A \cdot 60),$$

де t_A – час циклу ПТМ при розвантаженні або завантаженні контейнера на автомобіль, хв, приймаємо $t_A = 5$ хв;

1 – число контейнерів на автомобілі, конт./авт.;

T_A – час роботи контейнерного термінала на добу по обслуговуванню автомобільного транспорту, год, приймаємо $T_A = 10$ год/добу.

Практична робота № 6. Визначення параметрів холодильного підприємства

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок визначення параметрів холодильних підприємств. У даній роботі студенти повинні розрахувати ємність і площа холодильного складу, параметри залізничної й автомобільної платформ.

Загальні вказівки. Основними керівними документами при проектуванні холодильних підприємств є Державні будівельні норми (ДБН), відомчі норми проектування й інші нормативні документи. Основними вихідними документами є схема технологічного процесу й вантажообіг проектного підприємства.

Схема технологічного процесу характеризує якісну сторону підприємства: вона визначає наявність і послідовність технологічних операцій, які повинні бути зроблені над вихідними продуктами, щоб одержати готові продукти необхідної якості. Для холодильних підприємств досить важливим є вказівка температури й вологості повітря, при яких відбувається обробка продуктів на кожній стадії технологічного процесу.

Розміри проектного підприємства і його приміщень визначаються його продуктивністю або ємністю, яка являє собою найбільшу кількість вантажів, що одночасно зберігаються на холодильнику, яке обумовлене максимальною різницею між надходженням і випуском (видачою) вантажів, узятими з характеристики вантажообігу підприємства.

На холодильному підприємстві виділяються універсальні зони й приміщення позитивних і негативних температур, тоді ємність підприємства $G_{\text{хол}}$ визначається по вираженню

$$G_{\text{хол}} = G_{\text{нег}} + G_{\text{поз}} + G_{\text{ун}},$$

де $G_{\text{нег}}$ – розрахункова ємність приміщень для негативних температур (заморожених продуктів), т;

$G_{\text{поз}}$ – розрахункова ємність приміщень для позитивних температур (охолоджених продуктів), т;

$G_{\text{ун}}$ – розрахункова ємність універсальних приміщень (з універсальним температурним режимом), т.

Кількість вантажів, що надходить, є вихідною величиною для визначення розмірів приміщень (продуктивності пристроїв) для охолодження й заморожування вантажів. Розрахункова продуктивність приміщень (пристроїв) для термообробки продуктів визначається по максимальному добовому надходженню вантажів ($G_{\text{над}}$).

Якась частина вантажів, що надходить, іде на охолодження й заморожування, а якась безпосередньо в камери схову. Це визначається типом холодильника, видом і станом вантажів, що прибувають, й іншими конкретними технологічними умовами роботи підприємства яке проектується.

Паралельно з надходженням, певну кількість вантажів протягом доби відва-

нтажують (випускають, видають). Ця обставина характеризується максимальною кількістю вантажів, що випускаються протягом доби ($G_{\text{вип}}$). Випуск (видача) вантажів з холодильників здійснюється, як правило, тільки в робочі дні.

Значення $G_{\text{над}}$ і $G_{\text{вип}}$ визначається по максимальному місячному надходженню й випуску вантажів.

Часто вантажообіг проектного підприємства не відомий, наприклад при виконанні (будівництві) типових проектів, але при цьому ємність підприємства $G_{\text{хол}}$ може бути задана або визначена за укрупненими показниками (табл. 1).

Таблиця 1 – Типова структура місткості розподільних холодильників

Місткість $G_{\text{хол}}, \text{т}$	Процентне відношення місткості камер схову до $G_{\text{хол}}, \%$			Добова продуктивність камер за- морожування (ПКЗ) до $G_{\text{хол}}$
	заморожених продуктів	охолоджених продуктів	з універсальним температурним режимом	
До 5000	70	5	25	0,5
5001 і більше	75	10	15	0,3

Надходження й випуск вантажів у цьому випадку можуть бути знайдені по величині оборотності B , яка визначається кількістю обертів (циклів) змінюваних вантажів протягом року. Для розподільних холодильників оборотність B складає від 4 рік^{-1} до 6 рік^{-1} , для виробничих B дорівнює від 10 рік^{-1} до 20 рік^{-1} . Одноповерхові висотні холодильники можуть бути рентабельними тільки при оборотності 20 рік^{-1} . Якщо оборотність відома, то кількість вантажів які надходять щодня, визначається по формулі

$$G_{\text{над}} = (G_{\text{хол}} \cdot B / 365) \cdot k_{\text{над}},$$

де $G_{\text{хол}}$ – ємність холодильника, т;

B – оборотність, рік^{-1} ;

$k_{\text{над}}$ – коефіцієнт нерівномірності надходження вантажів, що враховує можливі відхилення кількості вантажів, які надходять в окремі дні, від середньомісячної величини добового надходження.

Кількість вантажів, що випускаються (видається) щодня

$$G_{\text{вип}} = (G_{\text{хол}} \cdot B / 253) \cdot k_{\text{вип}},$$

де $k_{\text{вип}}$ – коефіцієнт нерівномірності випуску вантажів.

Розглянуті залежності дозволяють знайти площу необхідних для них приміщень. Розміри охолоджуваних приміщень залежать від способу розміщення в них вантажів. Вантаж в охолоджуваних приміщеннях (камерах) може бути покладений у штабель, розміщений на підвісних шляхах, покладений на полки стелажів, етажерок, візків й ін.

Будівельна площа приміщень (помешкань) визначається з вираження

$$F_{\text{буд}} = G_{\text{пом}} / q_{\text{ф}},$$

де $G_{\text{пом}}$ – максимальне добове надходження й випуск вантажів, т;

$q_{\text{ф}}$ – норма завантаження 1 м^2 відносної площі, $\text{т}/\text{м}^2$.

$$G_{\text{пом}} = G_{\text{над}} + G_{\text{вип}}.$$

Значення $q_{\text{ф}}$ ($\text{т}/\text{м}^2$) приймають залежно від способу розміщення вантажу при холодильній обробці:

– у штабелі $q_{\text{ф}}$ дорівнює від $0,6$ до $\text{т}/\text{м}^2$ $0,9 \text{ т}/\text{м}^2$;

- у контейнерах зі стойками q_F складає від 0,3 до t/m^2 0,6, t/m^2 ;
- на стелажах q_F дорівнює 0,3, t/m^2 ;
- на підвісних шляхах, залежно від виду худоби (туші), q_F складає від 0,2 до t/m^2 0,25, t/m^2 .

Будівельна площа камер термообробки (охолодження й заморожування), для яких задана продуктивність G' , визначається по формулі

$$F_{\text{буд}} = G' \cdot \tau / (q_F \cdot 24),$$

де G' – добова продуктивність камер термообробки, $t/\text{добу}$;

τ – час термічної обробки, год.

Крім основних виробничих приміщень у складі холодильних підприємств передбачають допоміжні приміщення, необхідні для:

- виконання технологічних операцій, які не пов'язані з холодильною обробкою (накопичувачі вантажів, приміщення для сортування, упакування й ін.);
- виконання операцій, які пов'язані з прийманням або відправленням вантажів (експедиції);
- здійснення транспортного зв'язку (коридори, вестибюлі, сходові клітки й ліфтові шахти);
- відділення (відокремлення) друг від друга приміщень які відрізняються тепловими й режимами вологості (наприклад, тамбури, які представляють собою теплові й шлюзи щодо вологи).

При проведенні попередніх розрахунків площа, що відводиться для допоміжних приміщень враховують шляхом введення коефіцієнта використання площі всього підприємства $\eta_{\text{хол}}$, яка визначається по формулі:

$$\eta_{\text{хол}} = \Sigma F_{\text{буд}} / F_{\text{хол}},$$

де $\Sigma F_{\text{буд}}$ – будівельна площа всіх виробничих приміщень, m^2 ;

$F_{\text{хол}}$ – площа холодильника, m^2 .

Коефіцієнт $\eta_{\text{хол}}$ для малих холодильників приймається від 0,7 до 0,75; для середніх – від 0,75 до 0,85; для великих – від 0,85 до 0,90. Тоді, загальна площа всіх приміщень холодильника

$$F_{\text{хол}} = \Sigma F_{\text{буд}} / \eta_{\text{хол}}.$$

Дані по $G_{\text{пом}}$ дозволяють визначити розмір вантажного фронту холодильника, під яким розуміють довжину вантажних платформ. Залежно від типу холодильника і його місцезнаходження доводиться передбачати можливість прибуття вантажів різними видами транспорту (залізничним, автомобільним, водним). Для визначення довжини залізничних, автомобільної платформ і причалу, вся добова кількість вантажів, які прибувають і випускають, розподіляється по видах транспорту ($G_{\text{зал}}$, $G_{\text{авт}}$, $G_{\text{вод}}$) відповідно до часток перевезених ними вантажів, тобто:

$$G_{\text{пом}} = G_{\text{зал}} + G_{\text{авт}} + G_{\text{вод}}.$$

Число залізничних вагонів у добу, що подається до платформи холодильника

$$n_{\text{ваг}} = G_{\text{зал}} / (q_{\text{ваг}} \cdot \eta_{\text{в}}^B),$$

де $q_{\text{ваг}}$ – вантажопідйомність вагона, t ;

$\eta_{\text{в}}^B$ – коефіцієнт використання вантажопідйомності вагона.

Довжина залізничної платформи

$$L = n_{\text{ваг}} \cdot \ell_{\text{ваг}} \cdot k_{\text{ваг}} / \Pi,$$

де $l_{\text{ВАГ}}$ – довжина вагона, м;

$k_{\text{ВАГ}}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність подачі вагонів до платформи;

Π – число подач вагонів у добу, од. Π може приймати значення від 1 до 4.

Сучасні автономні рефрижераторні вагони мають вантажопідйомність 39 і 40 т і довжину вагона по осях зчеплення відповідно 22 і 20 м. Довжина платформи повинна округлятися до значення, кратного довжині вагона. Холодильники місткістю 3000 т і більше повинні мати довжину залізничної платформи не менш значення від 112 м до 120 м, для прийому без розчеплення п'яти-вагонної секції.

Число автомашин, які повинні прибути за добу

$$n_{\text{АВТ}} = G_{\text{АВТ}} / (q_{\text{АВТ}} \cdot \eta_{\text{В}}^{\text{А}}),$$

де $q_{\text{АВТ}}$ – вантажопідйомність автомобіля, т;

$\eta_{\text{В}}^{\text{А}}$ – коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля.

Довжина автомобільної платформи

$$L = n_{\text{АВТ}} \cdot b_{\text{АВТ}} \cdot \psi_{\text{СМ}} \cdot \tau_{\text{АВТ}} \cdot k_{\text{АВТ}} / 8,$$

де $b_{\text{АВТ}}$ – ширина кузова автомобіля з урахуванням відстані між машинами, м;

$\psi_{\text{СМ}}$ – частка загального числа автомобілів, що прибувають протягом першої зміни;

$\tau_{\text{АВТ}}$ – час завантаження або розвантаження одного автомобіля, год;

$k_{\text{АВТ}}$ – коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів.

Наявність теплоізоляційного зовнішнього і внутрішнього огороження є найважливішою характерною рисою охолоджуваних приміщень холодильних підприємств, що обумовлено підтримкою в них необхідні температури (часто нижче температури навколишнього середовища) і вологості повітря. При будівництві холодильного підприємства на створення ізоляції доводиться від 25 % до 40 % вартості всього спорудження.

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта по табл. 2 вибираються й виписуються вихідні дані для розрахунку:

Таблиця 2

Варі-ант	$G_{\text{хол}}, \text{т}$	$B, \text{рік}^{-1}$	$k_{\text{НАД}}$	$k_{\text{ВИП}}$	$q_{\text{Ф}}, \text{т/м}^2$	$\tau, \text{ГОД}$	K_3	$k_{\text{ВАГ}}$	$\Pi, \text{од.}$	$\eta_{\text{В}}^{\text{А}}$	$\psi_{\text{СМ}}$	$\tau_{\text{АВТ}}, \text{ГОД}$	$k_{\text{АВТ}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	10000	4	1,5	1,1	0,2	2	0,1	1,05	1	0,5	0,6	0,5	1
2	20000	5	1,6	1,2	0,25	3	0,2	1,1	2	0,55	0,65	0,55	1,05
3	30000	6	1,7	1,3	0,3	4	0,3	1,15	3	0,6	0,7	0,6	1,1
4	40000	7	1,8	1,4	0,4	5	0,4	1,2	4	0,65	0,75	0,65	1,15
5	50000	8	1,9	1,5	0,5	6	0,5	1,25	1	0,7	0,8	0,7	1,2
6	60000	9	2	1,1	0,6	7	0,6	1,3	2	0,5	0,85	0,75	1,25
7	70000	10	2,1	1,2	0,7	8	0,7	1,35	3	0,55	0,9	0,5	1,3
8	80000	11	2,2	1,3	0,8	9	0,8	1,4	4	0,6	0,95	0,55	1,35
9	90000	12	2,3	1,4	0,9	10	0,9	1,45	1	0,65	1	0,6	1,4
10	100000	14	2,4	1,5	0,2	12	0,1	1,5	2	0,7	0,6	0,65	1,45
11	110000	4	2,5	1,1	0,25	14	0,2	1,05	3	0,5	0,65	0,7	1,5
12	120000	5	1,5	1,2	0,3	16	0,3	1,1	4	0,55	0,7	0,75	1
13	10000	6	1,6	1,3	0,4	18	0,4	1,15	1	0,6	0,75	0,5	1,05

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14	20000	7	1,7	1,4	0,5	20	0,5	1,2	2	0,65	0,8	0,55	1,1
15	30000	8	1,8	1,5	0,6	22	0,6	1,25	3	0,7	0,85	0,6	1,15
16	40000	9	1,9	1,1	0,7	24	0,7	1,3	4	0,5	0,9	0,65	1,2
17	50000	10	2	1,2	0,8	2	0,8	1,35	1	0,55	0,95	0,7	1,25
18	60000	11	2,1	1,3	0,9	3	0,9	1,4	2	0,6	1	0,75	1,3
19	70000	12	2,2	1,4	0,2	4	0,1	1,45	3	0,65	0,6	0,5	1,35
20	80000	14	2,3	1,5	0,25	5	0,2	1,5	4	0,7	0,65	0,55	1,4
21	90000	4	24	1,1	0,3	6	0,3	1,05	1	0,5	0,7	0,6	1,45
22	100000	5	2,5	1,2	0,4	7	0,4	1,1	2	0,55	0,75	0,65	1,5
23	110000	6	1,5	1,3	0,5	8	0,5	1,15	3	0,6	0,8	0,7	1
24	120000	7	1,6	1,4	0,6	9	0,6	1,2	4	0,65	0,85	0,75	1,05
25	10000	8	1,7	1,5	0,7	10	0,7	1,25	1	0,7	0,9	0,5	1,1
26	20000	9	1,8	1,1	0,8	12	0,8	1,3	2	0,5	0,95	0,55	1,15
27	30000	10	1,9	1,2	0,9	14	0,9	1,35	3	0,55	1	0,6	1,2
28	40000	11	2	1,3	0,2	16	0,1	1,4	4	0,6	0,6	0,65	1,25
29	50000	12	2,1	1,4	0,25	18	0,2	1,45	1	0,65	0,65	0,7	1,3
30	60000	14	2,2	1,5	0,3	20	0,3	1,5	2	0,7	0,7	0,75	1,35
31	15000	6	1,6	1,3	0,3	18	0,4	1,15	2	0,6	0,75	0,5	1,1
32	25000	7	1,7	1,4	0,4	20	0,5	1,2	3	0,65	0,8	0,55	1,15

✓ місткість холодильника $G_{\text{ХОЛ}}$, т;

✓ оборотність вантажів B , рік⁻¹;

✓ коефіцієнт нерівномірності надходження вантажів $k_{\text{НАД}}$;

✓ коефіцієнт нерівномірності випуску (видачі) вантажів, $k_{\text{ВИП}}$;

✓ норма завантаження 1 м² відносною площі, q_F , т/м²;

✓ час термічної обробки, τ , год;

✓ частка вантажопотоку, що прибуває (убуває) залізницею, K_3 ;

✓ коефіцієнт, що враховує нерівномірність подачі вагонів до платформи, $k_{\text{ВАГ}}$;

✓ число подач вагонів у добу, Π , од.;

✓ коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля, $\eta_{\text{В}}^A$;

✓ частка загального числа автомобілів, що прибувають протягом першої зміни, $\psi_{\text{СМ}}$;

✓ час завантаження або розвантаження одного автомобіля, $\tau_{\text{АВТ}}$, год;

✓ коефіцієнт нерівномірності надходження автомобілів, $k_{\text{АВТ}}$.

Відповідно до величини $G_{\text{ХОЛ}}$ по табл. 1. знаходимо відсоткове відношення місткості камер схову різного типу й визначаємо розрахункову ємність відповідних приміщень по вираженню

$$G_{\text{П}} = G_{\text{ХОЛ}} \cdot K_{\text{ПОМ}} / 100,$$

де $G_{\text{П}}$ – розрахункова ємність відповідного приміщення ($G_{\text{НЕГ}}$, $G_{\text{ПОЗ}}$, $G_{\text{УН}}$);

$K_{\text{ПОМ}}$ – процентне відношення місткості відповідних приміщень (камер) зберігання (заморожених, охолоджених продуктів і з універсальним температурним режимом), визначається по табл. 1.

Далі робимо розрахунки для кожного виду приміщень окремо.

Визначаємо кількість вантажів які надходять щодня по формулі

$$G_{\text{НАД}} = (G_{\text{П}} \cdot B / 365) \cdot k_{\text{НАД}},$$

а кількість вантажів, що випускаються щодня, з вираження

$$G_{\text{ВИП}} = (G_{\text{П}} \cdot B / 253) \cdot k_{\text{ВИП}}.$$

Далі розраховуємо максимальне добове надходження й випуск вантажів

$$G_{\text{ПОМ}} = G_{\text{НАД}} + G_{\text{ВИП}},$$

після чого розраховуємо будівельну площу універсальних приміщень

$$F_{\text{БУД}} = G_{\text{ПОМ}} / q_{\text{Ф}}.$$

Будівельна площа камер термообробки (охолодження й заморожування) визначаємо по формулі

$$F_{\text{БУД}} = G' \cdot \tau / (q_{\text{Ф}} \cdot 24),$$

де G' – добова продуктивність камер термообробки, т/добу.

$$G' = G_{\text{ПОМ}} \cdot \text{ПКЗ},$$

де ПКЗ – добова продуктивність камер заморожування (див. табл. 1).

Тепер розраховуємо загальну площу всіх приміщень холодильника

$$F_{\text{ХОЛ}} = \sum F_{\text{БУД}} / \eta_{\text{ХОЛ}},$$

де $\sum F_{\text{БУД}}$ – сумарна будівельна площа всіх приміщень (охолодження, заморожування й універсальних), м²;

$\eta_{\text{ХОЛ}}$ – коефіцієнта використання площі підприємства, $\eta_{\text{ХОЛ}} = 0,85$.

Визначаємо сумарне максимальне добове надходження й випуск (видача) вантажів всіх типів приміщень

$$G_{\text{ПОМ}}^{\text{М}} = G_{\text{НЕГ}}^{\text{М}} + G_{\text{ПОЗ}}^{\text{М}} + G_{\text{УН}}^{\text{М}},$$

де $G_{\text{НЕГ}}^{\text{М}}$ – максимальне добове надходження й випуск вантажів приміщень негативних температур (заморожених продуктів), т;

$G_{\text{ПОЗ}}^{\text{М}}$ – максимальне добове надходження й випуск вантажів приміщень позитивних температур (охолоджених продуктів), т;

$G_{\text{УН}}^{\text{М}}$ – максимальне добове надходження й випуск вантажів універсальних приміщень (з універсальним температурним режимом), т.

Для визначення довжини залізничних, автомобільної платформ і причалу вся добова кількість вантажів що прибувають і випускають, розподіляється по видах транспорту ($G_{\text{ЗАЛ}}$, $G_{\text{АВТ}}$, $G_{\text{ВОД}}$) відповідно до часток перевезених ними вантажів. Розраховуємо їхнього значення по формулах:

$$G_{\text{ЗАЛ}} = G_{\text{ПОМ}}^{\text{М}} * K_3;$$

$$G_{\text{АВТ}} = G_{\text{ПОМ}}^{\text{М}} * K_A;$$

$$G_{\text{ВОД}} = G_{\text{ПОМ}}^{\text{М}} * K_B,$$

де K_3 – частка вантажопотоку, що прибуває (убуває) залізницею;

K_A – частка вантажопотоку, що прибуває (убуває, виходить) автомобільним транспортом;

K_B – частка вантажопотоку, що прибуває (убуває) водним транспортом.

Приймаємо K_3 за вихідними даними (див. табл. 2), $K_A = 1 - K_3$, $K_B = 0$.

Число залізничних вагонів на добу, що подається до платформи холодильника визначаємо з вираження

$$n_{\text{ВАГ}} = G_{\text{ЗАЛ}} / (q_{\text{ВАГ}} \cdot \eta_{\text{В}}^{\text{В}}),$$

де $q_{\text{ВАГ}}$ – вантажопідйомність вагона, $q_{\text{ВАГ}} = 40$ т;

η_B^B – коефіцієнт використання вантажопідйомності вагона, $\eta_B^B = 0,75$.

Довжина залізничної платформи

$$L = n_{\text{ВАГ}} \cdot \ell_{\text{ВАГ}} \cdot k_{\text{ВАГ}} / \Pi,$$

де $\ell_{\text{ВАГ}}$ – довжина вагона, $\ell_{\text{ВАГ}} = 20$ м.

Розраховуємо число автомашин, які повинні прибути за добу

$$n_{\text{АВТ}} = G_{\text{АВТ}} / (q_{\text{АВТ}} \cdot \eta_B^A),$$

де $q_{\text{АВТ}}$ – вантажопідйомність автомобіля, $q_{\text{АВТ}} = 5$ т.

η_B^A – коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля.

Визначаємо довжина автомобільної платформи

$$L = n_{\text{АВТ}} \cdot b_{\text{АВТ}} \cdot \psi_{\text{СМ}} \cdot \tau_{\text{АВТ}} \cdot k_{\text{АВТ}} / 8,$$

де $b_{\text{АВТ}}$ – ширина кузова автомобіля з урахуванням відстані між машинами, $b_{\text{АВТ}} = 3,5$ м.

Практична робота № 7. Визначення місткості складів для зерна

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок визначення об'єму штабелів насипних вантажів у зернових складах, місткості силосів елеватора, «зірочок» між силосами, а також необхідна кількість силосів для розміщення партії зерна.

Загальні вказівки. Склади для зерна – це спорудження з горизонтальною або нахиленою підлогою, призначені для зберігання зерна насипом, що розміщують прямо на підлозі й впритул до стін. Зернові склади класифікують залежно від способу розміщення зерна, ступеня механізації ЗРР, строку зберігання зерна й виду будівельного матеріалу.

Одне з основних вимог, що висувають до складів – це економічність, як при будівництві, так і при експлуатації. Найпоширеніша форма складу – прямокутник. Вона дозволяє для стін застосовувати місцевий матеріал (цеглу, бут, бетонні або шлакоблоки, камінь, збірний залізобетон), а для каркаса даху – дерево, збірний залізобетон або сталеві конструкції. Каркас даху звичайно споруджують із дерева або залізобетону.

При експлуатації складів висоту насипу зерна приймають залежно від його якості, але не більше розрахункової (біля стін – 2,5 м та в середині – 5 м).

Місткість складів виражають масою зерна, яку можна розмістити в них при максимально припустимому навантаженні на підлогу.

Розрізняють паспортну й робочу місткість складів. Паспортною називається місткість, розрахована на розміщення пшениці натурою (стандартною щільністю) $0,75$ т/м³, вологістю від 14 до 15,5 %, зі вмістом бур'янистої домішки 2 % при висоті насипу, який допускається для даного зерна.

Проектну (паспортну) місткість типового складу E_{Π} визначають по формулі

$$E_{\Pi} = (L \cdot B \cdot h + (L + \ell) / 2 \cdot (B + b) / 2 \cdot (H - h)) \cdot \gamma,$$

де L – внутрішня довжина складу, м;

B – внутрішня ширина складу, м;

h – висота засипання зерна біля стін, м;

ℓ – довжина насипу зерна поверху, м;

b – ширина насипу зерна поверху, м;

H – висота засипання зерна в середині складу, м;

γ – натура зерна, т/м³.

Довжина насипу зерна поверху ℓ (м) розраховують по формулі

$$\ell = L - 2 \cdot (H - h) / \operatorname{tg}\varphi,$$

де φ – кут природного укосу зерна, °.

Ширина насипу зерна поверху b (м) розраховують по формулі

$$b = B - 2 \cdot (H - h) / \operatorname{tg}\varphi.$$

При розміщенні в складі зерна різної якості паспортну місткість ($E_{\text{п}}$), зменшують до 20 %.

Робочу місткість визначають для кожного конкретного випадку з врахуванням культури, натури і якості зерна.

Місткість нетипових складів зерна визначають розрахунком.

Ємність (місткість) складу $E_{\text{СК}}$ визначають по формулі

$$E_{\text{СК}} = V_{\text{Н}} \cdot \gamma, \quad (1)$$

де $V_{\text{Н}}$ – об'єм насипу зерна на складі, м³.

Насип зерна в складі має обрис складної (складеної, яка складається з декілька) геометричної фігури, об'єм якої визначається сумою п'яти об'ємів окремих складових елементарних геометричних тіл (рис. 1).

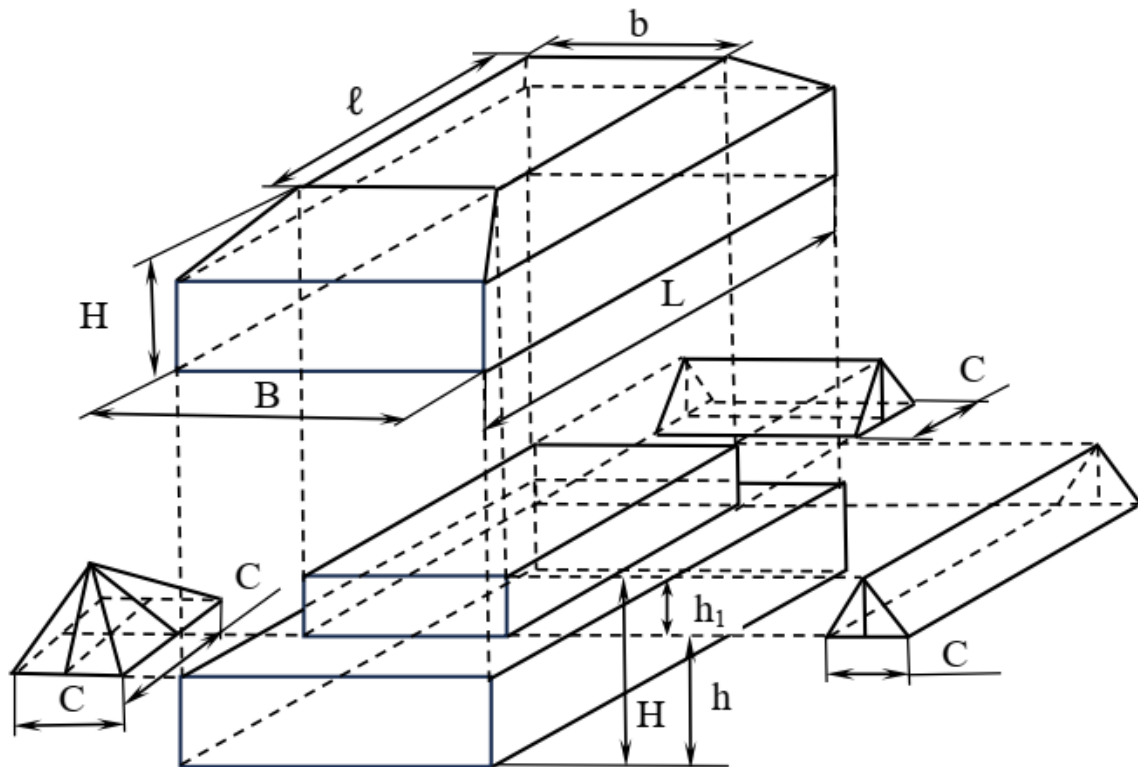


Рисунок 1 – Розрахункова схема визначення місткості складу для зерна

Загальний об'єм складної геометричної фігури $V_{\text{Н}}$ визначають по формулі

$$V_{\text{Н}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5,$$

де V_1 – об'єм нижнього паралелепіпеда, м³;

V_2 – об'єм верхнього паралелепіпеда, м³;

V_3 – об'єм двох більших бічних призм, м³;

V_4 – об'єм двох малих торцевих призм, м³;

V_5 – об'єм насипу в чотирьох кутах, рівних разом об'єму піраміди, m^3 .

Більш укрупнено насип зерна складається всього з двох об'ємів: паралелепіпеда та обеліску. Розрахунок об'єму обеліску докладно розглянуто в [25].

Об'єм нижнього паралелепіпеда V_1 визначають по формулі

$$V_1 = L \cdot B \cdot h.$$

Об'єм верхнього паралелепіпеда V_2 розраховують по формулі

$$V_2 = \ell \cdot b \cdot h_1,$$

де h_1 – різниця висот насипу в середній частині H та у стін складу h , м.

Об'єм двох більших бічних призм V_3 розраховують по формулі

$$V_3 = C \cdot h_1 \cdot \ell / 2,$$

де C – різницю між довжиною складу й довжиною верхнього шару зерна, м.

Об'єм двох малих торцевих призм V_4 визначають по формулі

$$V_4 = C \cdot h_1 \cdot b / 2.$$

Об'єм насипу в чотирьох кутах, рівних разом об'єму піраміди V_5 визначають по формулі

$$V_5 = h_1 \cdot C^2 / 3.$$

➤ Найбільш часто зерно зберігають на елеваторах, які конструктивно складаються з окремих силосів.

Круглі й квадратні силоси розташовують, як правило, рядами залежно від місткості силосного корпусу, ув'язування (з'єднання) його з робочим будинком і максимальним числом конвеєрів над і під силосами. Висота силосів (H_C) для типових проектів прийнята 30 м.

При підрахунку об'єму силосу варто мати на увазі, що у верхній частині силос недовантажують у зв'язку з тим, що при його заповненні зерно розташовується у верхній частині по куту природного укосу, утворюючи конус із зернової маси, а в нижній частині – відповідно до конфігурації днища.

▲ Місткість круглого силосу E_C (т) визначають по вираженню (1)

Схема розташування зерна в круглому силосі наведена на рис. 2,а.

Об'єм силосу V_C круглого перетину визначають по формулі

$$V_C = V_1 + V_2 + V_3,$$

де V_1 – місткість верхньої насипної конусної частини, т;

V_2 – місткість середньої циліндричної частини, т;

V_3 – місткість нижнього випускного конуса, т.

Об'єм верхньої конусної частини V_1 визначають по формулі

$$V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot H_1 / 3,$$

де R – внутрішній радіус силосу, м;

H_1 – висота верхньої конусної частини силосу, м

$$H_1 = R \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Об'єм середньої частини силосу V_2 обчислюють по формулі

$$V_2 = \pi \cdot R^2 \cdot H_2,$$

де H_2 – висота циліндричної частини силосу, м

$$H_2 = H_C - H_1 - H_3;$$

H_C – загальна висота силосу, м.

Об'єм нижньої конусної частини V_3 силоси визначають по формулі

$$V_3 = \pi \cdot R^2 \cdot H_3,$$

де H_3 – висота нижньої конусної частини силосу, м

$$H_3 = R \cdot \operatorname{tg} \beta;$$

β – кут напрямні днища силосу, °.

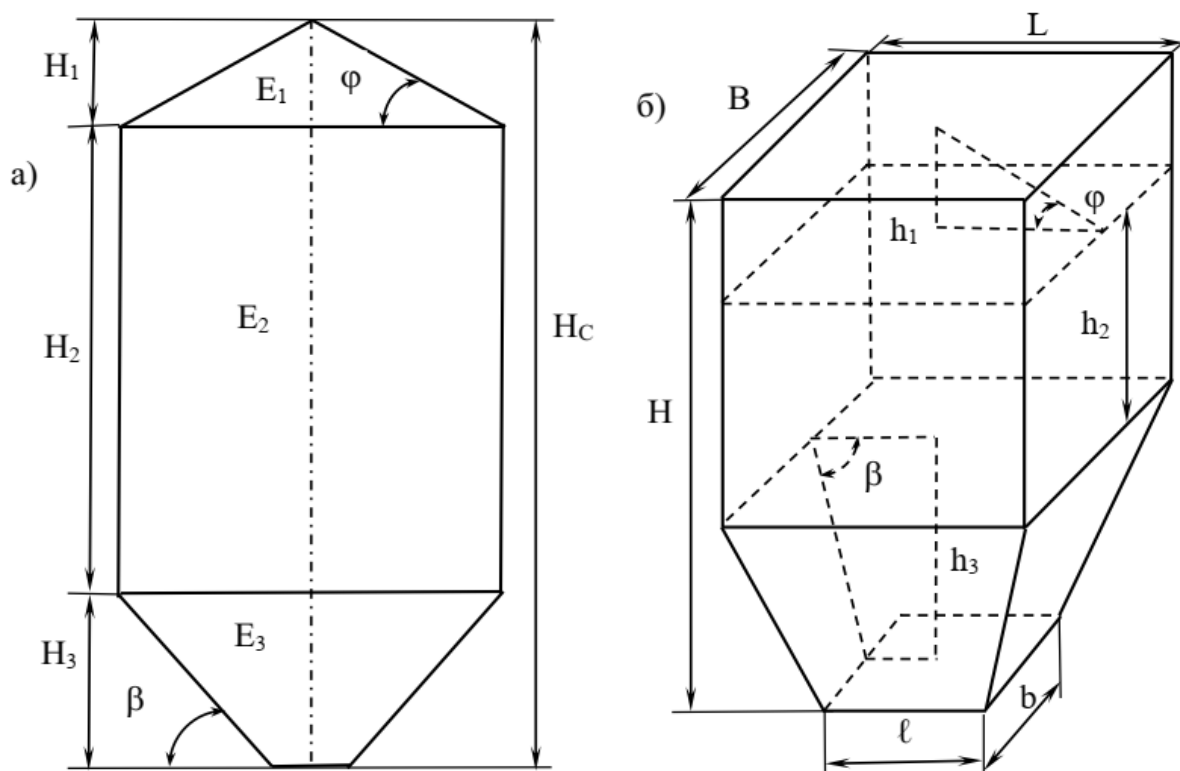


Рисунок 2 – Розташування зерна в круглому силосі (а) і бункері (б)

▲ При рядовому розташуванні круглих силосів між кожними чотирма силосами розташовані «зірочки». Висота «зірочки» така ж, як в основних силосів.

Місткість «силосу-зірочки» $E_{ЗІР}$, утворену між круглими силосами (рис. 3), обчислюють по формулі (1) у наступній послідовності.

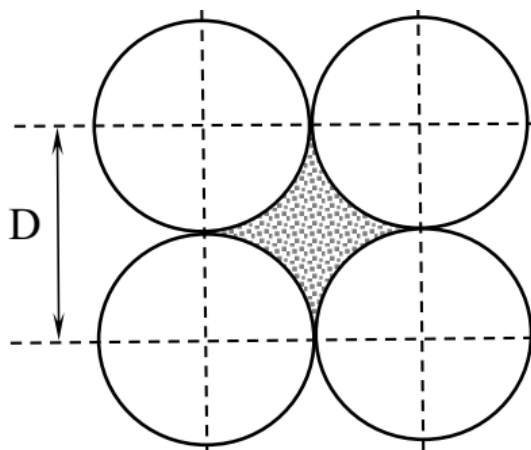


Рисунок 3 – Розташування зерна в силосі-зірочці

Спочатку визначають площа перетину середньої частини «зірочки» $F_{ЗІР}$ по формулі

$$F_{ЗІР} = (D + \delta)^2 - \pi \cdot (D + \delta)^{2/4} = 0,215 \cdot (D + \delta)^2,$$

де δ – товщина стінки між силосами, м;

D – внутрішній діаметр силосу, м.

Місткість «зірочки» $E_{ЗІР}$ (т) визначають по формулі (1)

$$E_{ЗІР} = V_{ЗІР} \cdot \gamma = F_{ЗІР} \cdot H_{ЗІР} \cdot \gamma,$$

де $V_{ЗІР}$ – об'єм який займає зерно у «зірочці», м³;

$H_{ЗІР}$ – висота «зірочки», м.

Висоту «зірочки», як правило, приймають рівній висоті силосу.

Для визначення параметрів верхнього й нижнього конусів «зірочки» площа перетину «зірочки» дорівнюють до площі перетину циліндра й визначають еквівалентний діаметр D_E (м) по формулі

$$D_E = \sqrt{0,215 \cdot (D + \delta)^2 / 0,785} = 0,524 \cdot (D + \delta).$$

Загальний об'єм зернової маси в «зірочці» $V_{ЗІР}$ розраховують по формулі

$$V_{ЗІР} = V_1' + V_2' + V_3',$$

де V_1' – об'єм конуса зернової маси у верхній частині «зірочки», м³;

V_2' – об'єм конуса зернової маси в середній частині «зірочки», м³;

V_3' – об'єм конуса зернової маси в нижній частині «зірочки», м³.

Об'єм складових «зірочки» (V_1' , V_2' , V_3') визначається по тим ж формулам, що й складових круглого силосу (V_1 , V_2 , V_3), але в них замість внутрішнього радіуса силосу (R) підставляється еквівалентний радіус «зірочки» (R_E)

Значення еквівалентного радіуса визначається з вираження

$$R_E = D_E / 2,$$

де D_E – еквівалентний діаметр «зірочки», м.

▲ Якщо силос квадратної форми, то його місткість визначають по формулі (1) аналогічно розрахунку «силосу-зірочки». Спочатку визначають еквівалентний діаметр (D_E) і радіус (R_E) з формули

$$A^2 = \pi \cdot R_E^2,$$

звідки

$$R_E = A / \pi^{1/2} = 0,564 \cdot A;$$

$$D_E = R_E \cdot 2 = 1,128 \cdot A,$$

де A – сторона квадратного силосу, м.

Загальний об'єм квадратного силосу $V_{КВ}$ розраховують по формулі

$$V_{КВ} = V_1'' + V_2'' + V_3'',$$

де V_1'' – об'єм конуса зернової маси у верхній частині квадратного силосу, м³;

V_2'' – об'єм конуса зернової маси в середній частині квадратного силосу, м³;

V_3'' – об'єм конуса зернової маси в нижній частині квадратного силосу, м³.

Об'єм складових квадратного силосу (V_1'' , V_2'' , V_3'') визначається по тим ж формулам, що й складових круглого силосу (V_1 , V_2 , V_3), але в них замість внутрішнього радіуса силосу (R) підставляється еквівалентний радіус квадратного силосу (R_E).

▲ Місткість силосу можна визначити по наближеній формулі:

$$E_C = \psi \cdot \gamma \cdot F_C \cdot H_C,$$

де ψ – коефіцієнт використання об'єму силосу (табл. 1);

F_C – площа перетину середньої частини силосу, м².

Таблиця 1 – Коефіцієнти використання об'єму (для круглих ($D = 6$ м і $D = 7$

м) і квадратних силосів (розміром $A \times A$ в плані 3×3 м і 4×4 м)

Загальна висота силосу, H_C м	Коефіцієнти використання об'єму ψ для силосів	
	круглих	квадратних
25	0,90	0,90
30	0,91	0,92
35	0,92	0,93

Площа поперечного перерізу проміжних силосів («зірочок») можна визначити по наближеній формулі

$$F_C = 0,2 \cdot D^2.$$

► Встановлення геометричних об'ємів бункерів вимагає обчислень об'ємів окремих геометричних фігур різної форми, а потім їхнього додавання. За формою бункера можна розділити на прямокутні, круглі й коритоподібні.

Прямокутні й круглі бункери використовуються як ємності для зберігання зерна, накопичувальні ємності до й після сепараторів і сушарок, для накопичення відходів, відпустку (відвантаження) зерна у вагони й автотранспорт.

Коритоподібні бункери найчастіше використовуються в прийомних пристроях для автомобільного й залізничного транспорту.

Місткість бункера E_B (т) розраховують по вираженню (1).

▲ Геометричний об'єм прямокутного (коритоподібного) бункера V_B (рис. 2,б) визначають по формулі

$$V_B = V_1 + V_2 + V_3,$$

де V_1 – об'єм зернового насипу у верхній частині прямокутного бункера, m^3 ;

V_2 – об'єм зернового насипу в середній частині прямокутного бункера, m^3 ;

V_3 – об'єм зернового насипу в нижній частині прямокутного бункера, m^3 .

Об'єм зернового насипу у верхній частині бункера V_1 визначають по формулі

$$V_1 = 1/3 \cdot F_B \cdot h_1,$$

де F_B – площа поперечного перерізу бункера, m^2

$$F_B = L_B \cdot B_B;$$

L_B – внутрішня довжина бункера, м;

B_B – внутрішня ширина бункера, м;

h_1 – висота насипу у верхній частині бункера, м

$$h_1 = \begin{cases} B_B / 2 \cdot \operatorname{tg} \varphi, & \text{якщо } L_B > B_B; \\ L_B / 2 \cdot \operatorname{tg} \varphi, & \text{якщо } L_B \leq B_B. \end{cases}$$

Об'єм зернового насипу в середній частині бункера V_2 визначають по формулі

$$V_2 = F_B \cdot h_2,$$

де h_2 – висота насипу в середній частині бункера, м

$$h_2 = H_B - h_1 - h_3;$$

H_B – загальна висота бункера, м.

Об'єм зернового насипу в нижній частині бункера V_3 визначають по формулі

$$V_3 = 1/3 \cdot h_3 \cdot [F_B + f + (F_B + f)^{1/2}],$$

де f – площа поперечного перерізу випускної вирви (конусоподібного отвору), m^2

$$f = \ell_B \cdot b_B;$$

ℓ_y – довжина випускної вирви, м;

b_B – ширина випускної вирви, м;

h_3 – висота насипу в нижній частині бункера, м

$$h_3 = \begin{cases} (B_B - b_B) / 2 \cdot \operatorname{tg}\beta, & \text{якщо } (L_B - \ell_B) > (B_B - b_B); \\ (L_B - \ell_B) / 2 \cdot \operatorname{tg}\beta, & \text{якщо } (L_B - \ell_B) \leq (B_B - b_B); \end{cases}$$

β – кут нахилу утворюючої вирви, °.

▲ Геометричний об'єм круглого бункера V_{BK} визначають по формулі

$$V_{BK} = V_1' + V_2' + V_3',$$

де V_1' – об'єм зернового насипу у верхній частині круглого бункера, м³;

V_2' – об'єм зернового насипу в середній частині круглого бункера, м³;

V_3' – об'єм зернового насипу в нижній частині круглого бункера, м³.

Об'єм складових круглого бункера V_1' , і V_2' визначаються як V_1 і V_2 силосів круглого перетину.

Об'єм зернового насипу в нижній частині бункера V_3' визначають по формулі

$$V_3' = 1/3 \cdot h_3 \cdot [F_K + f + (F_K + f)^{1/2}],$$

де F_K – площа поперечного перерізу круглого бункера, м²

$$F_K = \pi \cdot R_B^2;$$

R_B – внутрішній радіус круглого бункера, м;

f – площа поперечного перерізу випускної вирви круглого бункера, м²;

$$f = \pi \cdot r_B^2;$$

r_B – внутрішній радіус випускної вирви круглого бункера, м;

h_3 – висота насипу в нижній частині круглого бункера, м.

$$h_3 = (R_B - r_B) / 2 \cdot \operatorname{tg}\beta.$$

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта по табл. 2 вибираються й виписуються вихідні дані для розрахунку складів зерна:

✓ внутрішня довжина складу L , м;

✓ внутрішня ширина складу B , м;

✓ натура зерна γ , т/м³;

✓ кут природного укусу зерна φ , °.

Таблиця 2

Варіант	L, м	B, м	γ , т/м ³	φ , °	$\operatorname{tg}\varphi$	Варіант	L, м	B, м	γ , т/м ³	φ , °	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	50	20	0,3	20	0,3640	17	65	30	0,5	36	0,7265
2	55	25	0,35	21	0,3839	18	70	35	0,55	37	0,7536
3	60	30	0,4	22	0,4040	19	75	40	0,6	38	0,7813
4	65	35	0,45	23	0,4245	20	80	45	0,65	39	0,8098
5	70	40	0,5	24	0,4452	21	85	50	0,7	40	0,8391
6	75	45	0,55	25	0,4663	22	90	20	0,75	41	0,8693
7	80	50	0,6	26	0,4877	23	95	25	0,8	42	0,9004
8	85	20	0,65	27	0,5095	24	100	30	0,85	43	0,9325
9	90	25	0,7	28	0,5317	25	105	35	0,3	44	0,9657
10	95	30	0,75	29	0,5543	26	110	40	0,35	45	1,0

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	100	35	0,8	30	0,5774	27	50	45	0,4	46	1,0355
12	105	40	0,85	31	0,6009	28	55	50	0,45	47	1,0724
13	110	45	0,3	32	0,6249	29	60	20	0,5	48	1,1106
14	50	50	0,35	33	0,6494	30	65	25	0,55	49	1,1504
15	55	20	0,4	34	0,6745	31	70	30	0,6	50	1,1918
16	60	25	0,45	35	0,7002	32	75	35	0,65	51	1,2349

У табл. 2 наведені, як допоміжний матеріал, значення тангенсів ($\text{tg}\varphi$) деяких кутів (φ).

Визначаємо об'єм нижнього паралелепіпеда V_1 (див. рис. 1), м^3

$$V_1 = L \cdot B \cdot h,$$

де h – висота засипання зерна біля стін, приймаємо $h = 2,5$ м.

Визначаємо різницю висот (h_1) насипу в середній частині H та у стін складу h , м

$$h_1 = H - h,$$

де H – висота засипання зерна в середині складу, приймаємо $H = 5$ м.

Знаходимо довжину насипу зерна поверху ℓ , м

$$\ell = L - 2 \cdot h_1 / \text{tg}\varphi,$$

Розраховуємо ширину насипу зерна поверху b , м

$$b = B - 2 \cdot h_1 / \text{tg}\varphi.$$

Після чого визначаємо об'єм верхнього паралелепіпеда V_2 , м^3

$$V_2 = \ell \cdot b \cdot h_1.$$

Знаходимо різницю (C) між довжиною складу й довжиною верхнього шару зерна, м

$$C = L - \ell.$$

Далі визначаємо об'єм двох більших бічних призм V_3 , м^3

$$V_3 = C \cdot h_1 \cdot \ell / 2,$$

Об'єм двох малих торцевих призм V_4 визначаємо по формулі

$$V_4 = C \cdot h_1 \cdot b / 2.$$

Останнім знаходимо об'єм насипу в чотирьох кутах, рівних разом об'єму піраміди V_5 , м^3

$$V_5 = h_1 \cdot C^2 / 3.$$

Розраховуємо загальний об'єм насипу зерна в складі V_H , м^3

$$V_H = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

і визначаємо ємність (місткість) складу $E_{СК}$ по формулі (1)

$$E_{СК} = V_H \cdot \gamma.$$

➤ Відповідно до варіанта по табл. 3 вибираються й виписуються вихідні дані для розрахунку кількості зерна в силосах елеватора:

✓ внутрішній радіус силосу R , м;

✓ загальна висота силосу H_C , м;

✓ кут нахилу направляючих днища (низу) силосу β , °;

✓ сторона квадратного силосу A , м.

▲ Спочатку проводимо розрахунки для силосу круглого перетину.

Для цього визначаємо висоту верхньої конусної частини силосу H_1 , м

$$H_1 = R \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

і знаходимо об'єм верхньої конусної частини V_1 , м³

$$V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot H_1 / 3.$$

Таблиця 3

Вариант	R, м	H _С , м	β, °	A, м	Вариант	R, м	H _С , м	β, °	A, м	Вариант	R, м	H _С , м	β, °	A, м
1	6	25	40	3	12	7	35	40	4	23	6	30	40	3
2	7	30	41	4	13	6	25	41	3	24	7	35	41	4
3	6	35	42	3	14	7	30	42	4	25	6	25	42	3
4	7	25	43	4	15	6	35	43	3	26	7	30	43	4
5	6	30	44	3	16	7	25	44	4	27	6	35	44	3
6	7	35	45	4	17	6	30	45	3	28	7	25	45	4
7	6	25	46	3	18	7	35	46	4	29	6	30	46	3
8	7	30	47	4	19	6	25	47	3	30	7	35	47	4
9	6	35	48	3	20	7	30	48	4	31	6	25	48	3
10	7	25	49	4	21	6	35	49	3	32	7	30	49	4
11	6	30	50	3	22	7	25	50	4	33	6	35	50	3

Далі розраховуємо висоту нижньої конусної частини силосу H_3 , м

$$H_3 = R \cdot \operatorname{tg} \beta$$

і знаходимо об'єм нижньої конусної частини силосу V_3 , м³

$$V_3 = \pi \cdot R^2 \cdot H_3.$$

Після чого, визначаємо висоту циліндричної частини силосу H_2 , м

$$H_2 = H_C - H_1 - H_3$$

і знаходимо об'єм середньої частини силосу V_2 , м³

$$V_2 = \pi \cdot R^2 \cdot H_2,$$

Об'єм силосу V_C круглого перетину визначаємо по формулі

$$V_C = V_1 + V_2 + V_3.$$

Ємність (місткість) силосу круглого перетину E_C визначаємо по формулі (1)

$$E_C = V_C \cdot \gamma.$$

▲ Тепер проводимо розрахунки для «силосу-зірочки».

Для визначення параметрів верхнього й нижнього конусів «зірочки» площа перетину «зірочки» дорівнюємо до площі перетину циліндра й визначаємо еквівалентний радіус R_E (м) по формулі

$$R_E = 0,524 \cdot (D + \delta) / 2,$$

де δ – товщина стінки між силосами, приймаємо $\delta = 0,1$ м;

D – внутрішній діаметр кругового силосу, м

$$D = R \cdot 2.$$

Об'єм складових «зірочки» визначається по тим ж формулам, що й складових круглого силосу, але в них замість внутрішнього радіуса силосу (R) підставляється еквівалентний радіус «зірочки» (R_E)

Починаємо з визначення висоти верхньої конусної частини «зірочки» H_1 , м

$$H_1 = R_E \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

і знаходимо об'єм верхньої конусної частини V_1' , м³

$$V_1' = \pi \cdot R_E^2 \cdot H_1 / 3.$$

Далі розраховуємо висоту нижньої конусної частини «зірочки» H_3 , м

$$H_3 = R_E \cdot \operatorname{tg}\beta$$

і знаходимо об'єм нижньої конусної частини «зірочки» V_3' , м³

$$V_3' = \pi \cdot R_E^2 \cdot H_3.$$

Висоту «зірочки» приймаємо рівній висоті силосу (H_C).

Після чого, визначаємо висоту середньої частини «зірочки» H_2 , м

$$H_2 = H_C - H_1 - H_3$$

і знаходимо об'єм середньої частини «зірочки» V_2' , м³

$$V_2' = \pi \cdot R_E^2 \cdot H_2,$$

Об'єм «силосу-зірочки» $V_{ЗІР}$ визначаємо по формулі

$$V_{ЗІР} = V_1' + V_2' + V_3'.$$

Ємність (місткість) «силосу-зірочки» $E_{ЗІР}$ визначаємо по формулі (1)

$$E_{ЗІР} = V_{ЗІР} \cdot \gamma.$$

▲ Після чого проводимо розрахунки для силосу квадратної форми.

Для цього спочатку визначаємо еквівалентний радіус (R_E) силосу квадратної форми по формулі

$$R_E = 0,564 \cdot A.$$

Об'єм складових силосу квадратної форми визначається по тим ж формулам, що й складових «зірочки», але в них підставляється інше значення еквівалентного радіуса (R_E) – для силосу квадратної форми.

Спочатку визначаємо висоту верхньої конусної частини силосу квадратної форми H_1 , м

$$H_1 = R_E \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

і знаходимо об'єм верхньої конусної частини V_1'' , м³

$$V_1'' = \pi \cdot R_E^2 \cdot H_1 / 3.$$

Далі розраховуємо висоту нижньої конусної частини силосу квадратної форми H_3 , м

$$H_3 = R_E \cdot \operatorname{tg}\beta$$

і знаходимо об'єм нижньої конусної частини силосу квадратної форми V_3'' , м³

$$V_3'' = \pi \cdot R_E^2 \cdot H_3.$$

Після чого, визначаємо висоту середньої частини силосу квадратної форми H_2 , м

$$H_2 = H_C - H_1 - H_3$$

і знаходимо її об'єм V_2'' , м³

$$V_2'' = \pi \cdot R_E^2 \cdot H_2,$$

Об'єм силосу квадратної форми $V_{КВ}$ визначаємо по формулі

$$V_{КВ} = V_1'' + V_2'' + V_3''.$$

Ємність (місткість) силосу квадратної форми $E_{КВ}$ визначаємо по формулі (1)

$$E_{КВ} = V_{КВ} \cdot \gamma.$$

▲ Місткість силосів можна визначити по наближеній формулах.

Розрахунки робимо окремо для кожної форми силосу (круглого й квадратного перетину, «зірочки»).

Розраховуємо площу перетину середньої частини силосу круглої форми

$$F_C = \pi \cdot R^2$$

і визначаємо місткість силосу круглого перетину

$$E_C' = \psi \cdot \gamma \cdot F_C \cdot H_C,$$

де ψ – коефіцієнт використання об'єму силосу (табл. 1).

Розраховуємо площу перетину середньої частини силосу квадратної форми

$$F_{KB} = A^2$$

і визначаємо місткість силосу квадратного перетину

$$E_{KB}' = \psi \cdot \gamma \cdot F_{KB} \cdot H_C.$$

Розраховуємо площу перетину середньої частини проміжного силосу («зірочки»)

$$F_{ЗІР} = 0,8 \cdot R^2$$

і визначаємо місткість «силосу-зірочки»

$$E_{ЗІР}' = \psi \cdot \gamma \cdot F_{ЗІР} \cdot H_C.$$

Значення ψ для «силосу-зірочки» приймаємо по табл. 1 як для силосу круглого перетину.

Після чого визначаємо похибку методів.

Для цього розраховуємо відхилення місткості ΔE в силосах кожного виду, яке визначене розрахунком – E та приблизно – E' , т

$$\Delta E = |E - E'|.$$

Значення ΔE розраховується по модулі, тобто завжди має позитивний знак.

Після чого, розраховуємо похибку Δ (%) для кожного виду силосу

$$\Delta = \Delta E \cdot 100 / E.$$

➤ Відповідно до варіанта по табл. 4 вибираються й виписуються вихідні дані для розрахунку кількості зерна в бункерах:

Таблиця 4

Варі-ант	L _Б , м	B _Б , м	H _Б , м	ℓ _В , м	b _В , м	R _Б , м	r _Б , м	Варі-ант	L _Б , м	B _Б , м	H _Б , м	ℓ _В , м	b _В , м	R _Б , м	r _Б , м
1	5	3	8	1,0	0,5	4	0,5	17	10	7	22	1,0	1,0	11	1,5
2	6	4	10	1,5	1,0	5	1,0	18	11	8	24	1,5	1,5	12	2,0
3	7	5	12	2,0	1,5	6	1,5	19	12	3	8	2,0	2,0	4	2,5
4	8	6	14	2,5	2,0	7	2,0	20	13	4	10	2,5	2,5	5	3,0
5	9	7	16	3,0	2,5	8	2,5	21	14	5	12	3,0	0,5	6	3,5
6	10	8	18	3,5	0,5	9	3,0	22	15	6	14	3,5	1,0	7	0,5
7	11	3	20	4,0	1,0	10	3,5	23	5	7	16	4,0	1,5	8	1,0
8	12	4	22	4,5	1,5	11	0,5	24	6	8	18	4,5	2,0	9	1,5
9	13	5	24	1,0	2,0	12	1,0	25	7	3	20	1,0	2,5	10	2,0
10	14	6	8	1,5	2,5	4	1,5	26	8	4	22	1,5	0,5	11	2,5
11	15	7	10	2,0	0,5	5	2,0	27	9	5	24	2,0	1,0	12	3,0
12	5	8	12	2,5	1,0	6	2,5	28	10	6	8	2,5	1,5	4	3,5
13	6	3	14	3,0	1,5	7	3,0	29	11	7	10	3,0	2,0	5	0,5
14	7	4	16	3,5	2,0	8	3,5	30	12	8	12	3,5	2,5	6	1,0
15	8	5	18	4,0	2,5	9	0,5	31	13	3	14	4,0	0,5	7	1,5
16	9	6	20	4,5	0,5	10	1,0	32	14	4	16	4,5	1,0	8	2,0

✓ внутрішня довжина бункера L_Б, м;

✓ внутрішня ширина бункера B_Б, м;

- ✓ загальна висота бункера H_B , м;
 - ✓ довжина випускної вирви ℓ_B , м;
 - ✓ ширина випускної вирви b_B , м;
 - ✓ внутрішній радіус круглого бункера R_B , м;
 - ✓ внутрішній радіус випускної вирви круглого бункера r_B , м.
- ▲ Спочатку проводимо розрахунки для прямокутного (коритоподібного) бункера.

Для цього розраховуємо висоту насипу у верхній частині бункера h_1 , м

$$h_1 = \begin{cases} B_B / 2 \cdot \operatorname{tg}\varphi, & \text{якщо } L_B > B_B; \\ L_B / 2 \cdot \operatorname{tg}\varphi, & \text{якщо } L_B \leq B_B \end{cases}$$

і визначаємо площу поперечного перерізу бункера F_B , м^2

$$F_B = L_B \cdot B_B,$$

після чого знаходимо об'єм зернового насипу у верхній частині бункера V_1 , м^3

$$V_1 = 1/3 \cdot F_B \cdot h_1.$$

Далі розраховуємо висоту насипу в нижній частині бункера h_3 , м

$$h_3 = \begin{cases} (B_B - b_B) / 2 \cdot \operatorname{tg}\beta, & \text{якщо } (L_B - \ell_B) > (B_B - b_B); \\ (L_B - \ell_B) / 2 \cdot \operatorname{tg}\beta, & \text{якщо } (L_B - \ell_B) \leq (B_B - b_B) \end{cases}$$

і визначаємо площу поперечного перерізу випускної вирви f , м^2

$$f = \ell_B \cdot b_B,$$

після чого знаходимо об'єм зернового насипу в нижній частині бункера V_3 , м^3

$$V_3 = 1/3 \cdot h_3 \cdot [F_B + f + (F_B + f)^{1/2}].$$

Після чого розраховуємо висоту насипу в середній частині бункера h_2 , м

$$h_2 = H_B - h_1 - h_3$$

і визначаємо об'єм зернового насипу в середній частині бункера V_2 , м^3

$$V_2 = F_B \cdot h_2,$$

Далі знаходимо об'єм прямокутного (коритоподібного) бункера V_B , м^3

$$V_B = V_1 + V_2 + V_3$$

і визначаємо його ємність (місткість) по формулі (1)

$$E_B = V_B \cdot \gamma.$$

▲ Тепер проводимо розрахунки для круглого бункера.

Для цього розраховуємо висоту верхньої конусної частини бункера h_1 , м

$$h_1 = R_B \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

і визначаємо площу поперечного перерізу круглого бункера F_K , м^2

$$F_K = \pi \cdot R_B^2,$$

після чого знаходимо об'єм верхньої конусної частини V_1' , м^3

$$V_1' = F_K \cdot h_1/3.$$

Далі розраховуємо висоту насипу в нижній частині круглого бункера h_3 , м

$$h_3 = (R - r) / 2 \cdot \operatorname{tg}\beta$$

і визначаємо площу поперечного перерізу випускної вирви круглого бункера f , м^2

$$f = \pi \cdot r^2,$$

після чого знаходимо об'єм зернового насипу в нижній частині бункера V_3' , м^3

$$V_3' = 1/3 \cdot h_3 \cdot [F_K + f + (F_K + f)^{1/2}],$$

Далі розраховуємо висоту циліндричної частини бункера h_2 , м

$$h_2 = H_B - h_1 - h_3$$

і знаходимо об'єм середньої частини бункера V_2' , м³

$$V_2 = F_K \cdot h_2.$$

Геометричний об'єм круглого бункера V_K визначаємо по формулі

$$V_K = V_1' + V_2' + V_3',$$

а його ємність (місткість) розраховуємо по формулі (1)

$$E_K = V_K \cdot \gamma.$$

Практична робота № 8. Визначення параметрів нафтоналивного термінала

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок визначення параметрів нафтового терміналу (нафтобази). У даній роботі студенти повинні розрахувати кількість і види резервуарів для зберігання нафтопродуктів і параметри вантажних фронтів суміжних видів транспорту.

Загальні вказівки. Найважливіша умова, що забезпечує нормальну роботу нафтобази – об'єм резервуарного парку, який повинен забезпечити компенсацію нерівномірності надходження й відпустки (видачі) нафтопродуктів.

Резервуари – найбільш дорогі спорудження нафтобаз. Крім великих капіталовкладень на їхнє спорудження потрібне велика кількість металу, тому при проєктуванні нафтобаз необхідний об'єм резервуарного парку повинен бути визначений по можливості точно.

Величина об'єму резервуарів нафтобази залежить в основному від планованого вантажообігу, його інтенсивності, призначення нафтобази та її розташування. В основу розрахунку необхідного об'єму резервуарів приймають: затверджений річний вантажообіг по сортах нафтопродуктів і видах транспорту, яким здійснюється завезення й вивезення; річні графіки надходження й реалізації кожного сорту нафтопродуктів.

Для морських перевалочних нафтобаз величина місткості резервуарної ємності визначається по графіках надходження й відвантаження з урахуванням вантажопідйомності розрахункового танкера або, якщо такі графіки відсутні, по формулі

$$V_P = K_C / (\eta \cdot \rho) \cdot (Q / P_P \cdot K_{ДН} \cdot K_{МН} \cdot K_{ПОП} \cdot Q_{СД} \cdot m / K_C),$$

де K_C – коефіцієнт сортності;

η – коефіцієнт використання ємності резервуара

Q – вантажообіг відповідного виду нафтопродукту, т/рік;

P_P – норматив, що враховує зайнятість причальних споруджень на протязі року, визначається

$$P_P = 365 \cdot n \cdot K_{ЗАН},$$

де 365 – розрахункове число робочих днів у року;

n – кількість причалів;

$K_{ЗАН}$ – коефіцієнт зайнятості причалу;

ρ – щільність (густина) відповідного виду нафтопродукту, т/м³;

$K_{ДН}$ – коефіцієнт нерівномірності добового відвантаження, яка виникає через нерегулярність підходу танкерів;

$K_{МН}$ – коефіцієнт місячної нерівномірності прибуття;

$K_{\text{поп}}$ – коефіцієнт попиту зовнішньої торгівлі;

$Q_{\text{сд}}$ – середньодобовий об'єм надходження, відвантаження відповідного виду нафтопродукту, т;

m – кількість неробочих днів по метеоумовам;

$K_{\text{с}}$ – коефіцієнт, що враховує часткове використання ємності, призначеної для добового відвантаження.

Місткість і число резервуарів у складі резервуарного парку нафтобази повинні визначатися з врахуванням:

– коефіцієнта використання ємності (місткості) резервуара;

– однотипності по конструкції й одиночній місткості резервуарів;

– вантажопідйомності залізничних «маршрутів» (групи вагонів), окремих цистерн, а також наливних суден, зайнятих на перевезеннях нафтопродуктів;

– необхідної оперативності нафтобази при заданих умовах експлуатації й можливості своєчасного ремонту резервуарів;

– забезпечення не менш двох резервуарів на кожну марку нафтопродукту.

Для зберігання нафтопродуктів рекомендується застосовувати наземні й підземні металеві або залізобетонні резервуари, побудовані, як правило, по діючих типових проектах.

Скорочення втрат від випару нафтопродуктів треба, передбачати шляхом застосування резервуарів з понтонами, дахами які плавають або з обв'язкою яка вирівнює газове середовище.

До основного встаткування резервуара відносяться: пристрої для прийому-відвантаження із запірною арматурою; дихальна й запобіжна арматури; пристрої для відбору середньої проби й підтоварної води; прилади контролю, сигналізації й захисту; підігрівальні пристрої; протипожежне обладнання; хлопавки й механізми їхнього керування.

Нафтобази, на які доставляють нафтопродукти по залізниці, з'єднуються з головними шляхами залізниці під'їзною віткою (колією). На самій території нафтобази влаштовуються зливо-наливні шляхи, часто тупикового типу.

До основних споруджень зливо-наливного фронту для залізничних цистерн відносяться: естакади (однобічними й двосторонні), обладнані наливними й зливальними пристроями, вантажні, для зачищення й повітряно-вакуумні колектори, збірники, проміжні резервуари для мазуту й масла, вузли обліку нафтопродуктів. Крім того, до складу зливо-наливного фронту повинні бути включені засоби механізації для підйому й заправлення нагрівальних приладів, а також для переміщення цистерн уздовж фронту.

Зливо-наливні естакади, призначені для розвантаження й завантаження залізничних цистерн, розташовуються паралельно.

Потреба в естакадах за умови, що зливо-наливний фронт повинен забезпечити обробку цистерн тільки «маршрутами» (певною групою вагонів), визначається по формулі

$$E = N_M \cdot T_{ZE} / 24,$$

де N_M – кількість «маршрутів» наливу;

T_{ZE} – час заняття естакади «маршрутом» з урахуванням часу на технологічні операції, подачу й збирання цистерн, і готування «маршруту» на станції, год;

$$T_{ZE} = P_H / (n_3 \cdot q_H) \cdot \tau_3 + t_{доп},$$

P_H – вантажопідйомність наливного «маршруту», т

n_3 – кількість цистерн, що зливаються одночасно, од.;

q_H – кількість відповідного виду нафтопродукту в цистерні, т

$$q_H = W \cdot \rho;$$

W – вантажомісткість (ємність) цистерни, т;

τ_3 – час зливу нафтопродукту, год;

$t_{доп}$ – час допоміжних операцій, год.

Вантажопідйомність наливного «маршруту» P_H , т

$$P_H = n \cdot q_H;$$

де n – кількість цистерн відповідного виду нафтопродукту, прийнятих або відвантажених за добу, од.

$$n = Q \cdot K_H \cdot K_1 / (365 \cdot q_H),$$

де K_H – коефіцієнт нерівномірності споживання (відвантаження) нафтопродуктів;

K_1 – коефіцієнт нерівномірності подачі партій нафтопродукту (цистерн).

Число наявних «маршрутів» визначається по формулі

$$N_M = Q \cdot K_H \cdot K_1 / (365 \cdot P_H).$$

Довжину залізничної естакади L_E розраховують по наступній формулі

$$L_E = \sum(n \cdot \ell) / n_3,$$

де ℓ – довжина цистерн, різних типів по осях автозчеплення, м.

Порядок виконання роботи. Відповідно до заданого варіанта з табл. 1 вибирається й виписується

Таблиця 1

Варіант	Q _Р , тис. т	К _П		К ₁	Варіант	Q _Р , тис. т	К _П		К ₁
		паливо	мастило				паливо	мастило	
1	10	1,0	1,3	1,1	17	170	1,1	1,6	1,15
2	20	1,1	1,4	1,15	18	180	1,2	1,7	1,2
3	30	1,2	1,5	1,2	19	190	1,3	1,8	1,25
4	40	1,3	1,6	1,25	20	200	1,4	1,9	1,3
5	30	1,4	1,7	1,3	21	210	1,5	2,0	1,1
6	60	1,5	1,8	1,1	22	220	1,6	2,1	1,15
7	70	1,6	1,9	1,15	23	230	1,7	2,2	1,2
8	80	1,7	2,0	1,2	24	240	1,0	2,3	1,25
9	90	1,0	2,1	1,25	25	250	1,1	2,4	1,3
10	100	1,1	2,2	1,3	26	260	1,2	2,5	1,1
11	110	1,2	2,3	1,1	27	270	1,3	1,3	1,15
12	120	1,3	2,4	1,15	28	280	1,4	1,4	1,2
13	130	1,4	2,5	1,2	29	290	1,5	1,5	1,25
14	140	1,5	1,3	1,25	30	300	1,6	1,6	1,3
15	150	1,6	1,4	1,3	31	300	1,0	1,3	1,1
16	160	1,0	1,5	1,1	32	310	1,1	1,4	1,15

✓ розмір планованого річного вантажообігу Q_Р, тис. т.

✓ коефіцієнт нерівномірності споживання нафтопродукту, К_П;

✓ коефіцієнт нерівномірності подачі партій нафтопродукту (цистерн) К₁.

Розрахунки проводяться для 6 видів нафтопродуктів: автобензин; дизельне паливо; мазут; нафта; мастило (масло) моторне й турбінне.

Розрахунок для одного виду нафтопродуктів здійснюється (наводяться в протоколі) докладно. Результати розрахунку по всіх видах нафтопродуктів приводяться в табл. 2.

Таблиця 2

Показник	Тип нафтопродукту					
	автобе- нзин	дизельне паливо	мазут	нафта	масло моторне	масло турбінне
Маса Q, т						
Об'єм V, м ³						
Об'єм резервуара V _Н , м ³						
Кількість резервуарів k, од.						
Кількість нафтопродукту в цистерні q _Н , т						
Кількість цистерн, прийнятих (відвантажених) за добу n, од.						
Вантажопідйомність частини «маршруту» P _Н , т						
Час розвантаження частини «маршруту» T _М , год						

Визначаємо вантажообіг відповідного виду нафтопродукту, т/рік

$$Q = Q_P \cdot \mu,$$

де μ – частка нафтопродукту від річного вантажообігу (табл. 3).

Таблиця 3 – Характеристики нафтопродуктів

Найменування нафтопро- дукту	Щільність ρ , т/м ³	Частка від річного вантажобігу μ	Час зливу τ_3 , хв
Автобензин	0,77	0,35	5,32
Дизельне паливо	0,84	0,25	5,36
Мазут	0,92	0,1	8,52
Нафта	0,75	0,18	5,42
Мастило (масло) моторне	0,91	0,05	8,03
Мастило (масло) турбінне	0,895	0,07	5,48

Середньодобовий об'єм збереженого нафтопродукту складе

$$V = Q_P / (365 \cdot \rho),$$

де ρ – щільність (густина) відповідного виду нафтопродукту (табл. 3), т/м³.

Кількість і об'єм резервуарів визначимо по необхідному об'єму для зберігання нафтопродуктів, відповідно до вимог нормативних документів які стосуються будівництва та експлуатації нафтобаз, в яких наведені наступні номінальні об'єми (V_Н), м³ для:

- вертикальних резервуарів із плаваючим дахом (понтон) – 1000; 2000; 3000; 5000; 10000; 20000; 30000; 40000; 50000; 100000; 120000;
- вертикальних резервуарів зі стаціонарним дахом – 100; 200; 300; 400; 700; 1000; 2000; 3000; 5000; 10000; 20000; 30000; 40000; 50000;
- горизонтальних резервуарів – 3; 5; 10; 25; 50; 75; 100; 500; 1000.

Приймаємо для:

- бензинів і нафти – резервуари з понтоном;
- дизельного палива й мазуту – резервуари зі стаціонарним дахом;
- мастил (масла, олив) – горизонтальні резервуари.

Відповідно до отриманих значень V і типом резервуара вибираємо найближчий більший об'єм (V_H) з наведених раніше.

Якщо $V_H < V$, то вибирається декілька резервуарів (k). При виборі декількох резервуарів їх кількість (k) повинна бути мінімальною, а об'єм кожної – **однаковим**.

Наприклад, для масла моторного $V = 1400 \text{ м}^3$ вибираємо дві ємності ($k = 2$) місткістю по 1000 м^3 кожна, а не 3 ($k = 3$) по 500 м^3 або 2 ($k = 2$) – одну на 1000 м^3 та другу на 500 м^3 .

Визначимо номінальний (загальний) об'єм резервуарного парку нафтобази, як суму всіх (задано б) видів нафтопродуктів

$$V_{\text{ЗАГ}} = \sum V_{Hi} \cdot k_i, i = 1, 6.$$

Далі розраховуємо кількість нафтопродукту в цистерні, т

$$q_H = W \cdot \rho,$$

де W – вантажомісткість (ємність) цистерни, т, приймаємо $W = 90 \text{ м}^3$.

Визначаємо кількість цистерн, прийнятих або відвантажених за добу, од.

$$n = Q \cdot K_H \cdot K_1 / (365 \cdot q_H),$$

де K_H – коефіцієнт нерівномірності споживання (відвантаження) нафтопродуктів;

K_1 – коефіцієнт нерівномірності подачі партій нафтопродукту (цистерн)

Значення n округляється до найближчого цілого числа

Розраховуємо вантажопідйомність частини наливного «маршруту», т

$$P_H^M = n \cdot q_H$$

і вантажопідйомність усього «маршруту», як суму всіх видів нафтопродуктів, т

$$P_H = \sum P_H^M i, i = 1, 6.$$

Визначаємо час розвантаження частини «маршруту», год.

$$T_M = n / n_3 \cdot \tau_3 / 60,$$

де n_3 – кількість цистерн, що зливаються одночасно, од., приймаємо $n_3 = 2$;

τ_3 – час зливу нафтопродукту, хв. (табл. 3).

Знаходимо час заняття естакади «маршрутом», як суму всіх видів нафтопродуктів, год

$$T_{\text{ЗЕ}} = \sum T_{Mi} + t_{\text{ДОП}}, i = 1, 6,$$

де $t_{\text{ДОП}}$ – час допоміжних операцій, год, приймаємо $t_{\text{ДОП}} = 25$ хв.

Число наявних «маршрутів» визначаємо по формулі

$$N_M = Q_P \cdot K_H \cdot K_1 / (365 \cdot P_H).$$

Потреба в естакадах визначаємо по формулі

$$E = N_M \cdot T_{\text{ЗЕ}} / 24.$$

Практична робота № 9. Визначення виду сховищ, тари й транспортних засобів для нафтопродуктів

Мета роботи. Ознайомлення із практичною методикою визначення виду сховищ, тари й транспортних засобів для зберігання й транспортування нафти й

нафтопродуктів.

Загальні вказівки. Кількісно-якісні характеристики нафтопродуктів залежать від правильного вибору виду сховищ, тари й транспортних засобів для зберігання й транспортування.

Перед заповненням нафтопродуктом тара повинна бути оглянута. При забрудненні тару необхідно промити гарячою водою з нафтовим розчинником або пропарити до повного видалення залишків нафтопродуктів і механічних домішок і просушити.

Ступінь заповнення тари повинна бути:

– до 100 % об'єму – для в'язких, високозастигаючих (що мають високі температури застигання), мазеподібних і твердих нафтопродуктів;

– не більше 95 % об'єму – для рідких, якщо немає спеціальних вимог по впаковуванню в нормативно-технічній документації (НТД) на відповідний нафтопродукт.

У НТД на конкретні нафтопродукти встановлюють конкретні види транспортної тари з відповідним посиланням на технічні документи.

Для впакування (розливу) нафтопродуктів застосовують види тари, вказані в табл. 1.

У боковику (у рядках) табл. 1 позначені наступні найменування нафтопродуктів: 1 – Нафта; 2 – Гази вуглеводні зріджені (скраплені) паливні; 3 – Палива: 3.1 – бензини авіаційні; 3.2 – бензини автомобільні; 3.3 – палива для реактивних двигунів (ПРД), нафтіл, керосин (гас); 3.4 – палива дизельні; 3.5 – грубе побутове паливо; 3.6 – паливо нафтове (мазут, для газотурбінних установок), паливо моторне, масло сланцеве (паливне); 4 – Компоненти палив: 4.2 – бензин газовий; 4.4 – ізооктан технічний, алкілбензин; 4.5 – палива еталонні; 4.6 – бензин прямої перегонки; 5 – Рідкі продукти піролізу: 5.1 – ароматика нафтова; 5.2 – смола нафтова типу Е; 6 – Нафтові розчинники; 7 – Масла (мастила, оливи, олії); 8 – Змащення (змащувачі) пластичні; 9 – Препарати, які жирують; 10 – Вазелін; 11 – Петролатум, гач і церезин неочищені; 12 – Церезин, композиції церезинові й озокеритова; 13 – Парафін нафтовий: 13.1 – рідкий; 13.2 – твердий; 14 – Склади (складаються з декілька складових, суміші): 14.1 – парафінові й воскові; 14.2 – масло-каніфольні, бітумні; 15 – Бітуми нафтові: 15.1 – дорожні рідкі, сировина для виробництва бітуму; 15.2 – дорожні в'язкі, покрівельні БНК-40/180, БНК-45/190, будівельний БН-50/50; 15.3 – крихкі, для заливальних акумуляторних мастик, високо-плавкий пом'якшувач; 15.4 – будівельні БН-70/30, БН-90/10, ізоляційні, БНК-90/30; 16 – Присадки; 17 – Нафтенат міді; 18 – Кислоти синтетичні жирні (СЖК) фракцій: 18.1 – C₅-C₆, C₇-C₉, C₅-C₉, C₉-C₁₀, C₁₀-C₁₃; 18.2 – C₁₀-C₁₆, C₁₂-C₁₆, C₁₆-C₂₀, C₂₀ і вище; 19 – Кислоти нафтові: 19.1 – асидол, асидол-милонафт; 19.2 – нафтонові кислоти дистильовані, контакт Петрова; 20 – Спирти синтетичні, первинних жирних фракцій: 20.1 – C₁₀-C₁₆, C₁₀-C₁₈, C₁₂-C₁₆; 20.2 – C₁₆-C₂₁; 21 – Зв'язуюче (те що зв'язує) ливарне, емульсори, піноутворювач, деемульгатори; 22 – Лакойль, пірополімери; 23 – Інден-кумарова смола; 24 – Сировина для виробництва сажі; 25 – Сажа; 26 – Пек нафтовий піролізний «ГП»; 27 – Дифеніл; 28 – Нафтопродукти відпрацьовані; 29 – Конденсат газовий.

Таблиця 1 – Види сховищ, тари й транспортних засобів

Нафто- продукт	Сховище								Тара																	Транспортний засіб											
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1.	+	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	
2.	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
3.1.	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	
3.2.	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	
3.3.	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	
3.4.	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	
3.5.	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	
3.6.	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	
4.2.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	
4.4.	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	
4.5.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4.6.	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	
5.1.	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	
5.2.	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
6.	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	
7.	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+
8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.1.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
13.2.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продовження табл. 1

Нафто- продукт	Сховище								Тара																	Транспортний засіб													
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
14.1.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.2.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.1.	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	
15.2.	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
15.3.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.4.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
16.	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
17.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
18.1.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	
18.2.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
19.1.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	
19.2.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
20.1.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
20.2.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
22.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	
23.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	
25.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
28.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	
29.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	

У головці (в «шапці», у колонках) табл. 1 позначені:

– типи сховищ: 1 – підземні сховища у відкладенні кам'яної солі, гіпсу, ангідриту, доломіту, мергелю, вапняку, глини, магматичної й вічномерзлих породах. Резервуари стаціонарні й пересувні: 2 – металеві горизонтальні низького тиску; 3 – металеві горизонтальні й парові високого тиску; 4 – металеві вертикальні з понтоном, дахом що плаває, газовою обв'язкою й ін.; 5 – металеві вертикальні без понтона, газової обв'язки й ін.; 6 – залізобетонні з газовою обв'язкою; 7 – залізобетонні без газової обв'язки; 8 – гумовотканинні;

– види тари:

транспортна: 1 – балон металевий; 2 – бочка металева; 3 – бочка дерев'яна; 4 – барабан металевий, полімерний; 5 – барабан фанерний; 6 – барабан картонний, наливний; 7 – каністра металева; 8 – каністра полімерна; 9 – ящик; 10 – мішок паперовий, полімерний й ін.;

споживча: 11 – бідон металевий; 12 – бідон полімерний; 13 – банка металева, полімерна; 14 – банка скляна; 15 – пляшка; 16 – туба. 17 – контейнер спеціалізований;

– типи транспортних засобів для транспортування наливом: 1 – залізнична цистерна з універсальним зливальним приладом; 2 – залізнична цистерна з обігрівальним пристроєм з ізоляцією й без її; 3 – залізнична цистерна спеціальна; 4 – вагон для нафтобітуму; 5 – судно нафтоналивне; 6 – судно для газів; 7 – автоцистерна; 8 – авто-паливозаправник; 9 – авто-мастилозаправник; 10 – авто-битумовоз, авто-гудронатор; 11 – трубопровід стандартний і збірно-розбірний.

Примітки до табл. 1.

1. Вид сховища, тари й транспортного засобу, який рекомендується позначений знаком «+».

2. Високов'язкі нафти з температурою застигання вище мінус 3 °С (п. 1) не рекомендується зберігати в підземному резервуарі (ємності), спорудженої у відкладенні кам'яної солі.

3. Масла вазелінове медичне, парфумерні, телеграфні, годинникові, приладові, вакуумні, гідравлічні, кабельні, авіаційні, для турбореактивних двигунів, для холодильних машин ХФ 22з-16, шарнірне, для консервації; гідрогальмівні і й амортизаційні (п. 7) варто транспортувати й зберігати в тарі. Допускається за узгодженням виробника зі споживачем транспортувати масла вазелінове медичне, призначене для технічних цілей, приладове МВП, парфумерне в залізничних цистернах.

4. Вуглеводневі канатні змащення (п. 8) допускається транспортувати в залізничних цистернах з паро-обігрівальним пристроєм.

5. За узгодженням виробника зі споживачем допускається транспортувати:

– жир синтетичний, церезин (крім церезину для підприємств електронної промисловості), захисний віск (п. 9, 12, 14) – у залізничних цистернах з обігрівальним пристроєм;

– парафін твердий технічного призначення (п. 13.2) – у залізничних цистернах з обігрівальним пристроєм або з універсальним зливальним приладом;

– парафін рідкий (п. 13.1) – по стаціонарному трубопроводу.

6. Бітуми дорожні рідкі, сировина для виробництва бітуму (п. 15.1) допуска-

ється в період з 1 квітня по 1 жовтня транспортувати в цистернах з універсальним зливальним приладом за умови наявності в споживача технічних засобів розігріву, що забезпечують повний злив цистерн.

Бітуми дорожні в'язкі, покрівельні БНК-40/180, БНК-45/190, будівельний БН-50/50 (п. 15.2) допускається за узгодженням виробника зі споживачем транспортувати в залізничних цистернах з обігрівальним пристроєм.

Бітуми будівельні БН-70/30, БН-90/10, ізоляційні, покрівельний БНК-90/30 (п. 15.4) допускається за узгодженням виробника зі споживачем транспортувати в залізничних цистернах з ізоляцією з обігрівальним пристроєм, що забезпечує нагрівання, необхідний для зливу бітуму.

7. Дифеніл (підпункт 27) допускається за узгодженням виробника зі споживачем транспортувати в цистернах з обігрівальним пристроєм.

8. СЖК, нафтові кислоти дистильовані, контакт Петрова, синтетичні жирні спирти фракцій $C_{10}-C_{16}$, $C_{10}-C_{18}$, $C_{12}-C_{16}$ (п. 18, 19.2, 20.1) варто зберігати в ємності з кислотостійких матеріалів.

▲ Мазеподібні й тверді нафтопродукти (за винятком нафтопродуктів з температурою краплепадіння нижче $50\text{ }^{\circ}\text{C}$) допускається впаковувати в картонні навивні барабани із застосуванням поліетиленових вкладишів.

Нафтопродукти, призначені для районів із тропічним кліматом або для окремих районів України, варто впаковувати в металеву тару, фанерні барабани або дерев'яні бочки з поліетиленовими вкладишами.

Маса одного мішка з упакованим бітумом не повинна перевищувати 250 кг. Допускається впаковувати дроблений крихкий бітум у м'які контейнери.

Температура наливу бітумів у різні види тари встановлюється в НТД на бітум конкретної марки.

Нафтопродукти, призначені для побутового споживання, упаковують у споживчу металеву й полімерну тару місткістю не більше 5 дм^3 , скляну – не більше 1 дм^3 . Допускається впаковувати будівельний бітум у тару місткістю не більше 15 дм^3 .

Знову виготовлена (нова) металева тара повинна бути із внутрішнім маслобензостійким і паростійким захисним покриттям, що задовольняють вимогам електростатичної іскробезпеки. Допускається за узгодженням виробника зі споживачем упаковувати нафтопродукти в разову тару, що не має внутрішнього захисного покриття.

Після заповнення нафтопродуктом, тару герметично закривають засобами для закупорки (закриття) залежно від виду й конструкції тари відповідно до вимог НТД на нафтопродукт.

Металеві бідони й банки (крім тих, що мають літографоване покриття) на вимогу споживачів змазують по всій поверхні змащеннями для консервації або маслами. Після заповнення тару (за винятком тари, покритої змащеннями для консервації) протирають.

Транспортна тара з рідкими нафтопродуктами повинна бути опломбована.

Споживчу тару з нафтопродуктами поміщають у транспортну тару:

– бідони – у дерев'яні решетування;

– скляні банки й пляшки – у дощаті нерозбірні ящики із гніздами-

перегородками, висотою перегородок не менш $3/4$ висоти банок, що укладаються, або пляшок. При об'ємі не більше $0,5 \text{ дм}^3$ – в картонні ящики із гніздами-перегородками;

– поліетиленові, металеві банки й туби – у дощаті, фанерні, полімерні й картонні ящики із гніздами-перегородками та без них. При ярусному впакуванні між ними робляться горизонтальні прокладки.

Для зберігання нафти й нафтопродуктів застосовують види сховищ відповідно до табл. 1.

Палива, зазначені в п. 3.1 – 3.4 табл. 1, зберігають у металевих резервуарах із внутрішніми антикорозійними покриттями, застосування яких у контакті із цими нафтопродуктами повинне бути дозволене.

Антикорозійні покриття повинні бути стійкі до впливу нафтопродуктів (нафти), підтоварної води, пару (або гарячої води). Необхідність захисту від корозії внутрішньої поверхні резервуарів для зберігання інших нафтопродуктів і нафти, а також способи захисту встановлюються галузевою документацією.

Бензини й нафти варто зберігати в резервуарах із плаваючим дахом або понтоном або обладнаних газовою обв'язкою залежно від умов експлуатації резервуарів. Допускається зберігати бензини й нафти в резервуарах без понтонів і газової обв'язки до капітального ремонту, а також на підприємствах тривалого зберігання. Не допускається зберігати авіаційні бензини в резервуарах із плаваючим дахом.

Нафта й нафтопродукти кожної марки варто зберігати в окремих резервуарах, які виключають потрапляння в них атмосферних опадів і пилу.

Металеві резервуари, за винятком резервуарів підприємств тривалого зберігання, повинні піддаватися періодичному зачищенню:

– не менш двох разів на рік – для ПРД, авіаційних бензинів, авіаційних масел та їхніх компонентів, бензинів прямої перегонки; допускається, при наявності на лінії закачування засобів очищення з тонкістю фільтрування не більше 40 мкм , зачищати резервуари не менш одного разу на рік;

– не менш одного разу на рік – для присадок до масел і масел із присадками;

– не менш одного разу у два роки – для інших масел, автомобільних бензинів, дизельних палив, парафіну і аналогічних по фізико-хімічних властивостях нафтопродуктів.

Металеві й залізобетонні резервуари для нафти, мазуту, моторних палив і аналогічних по фізико-хімічних властивостях нафтопродуктів варто зачищати в міру необхідності, обумовленої умовами збереження їхньої якості, надійної експлуатації резервуарів і встаткування. Відстій води й забруднень із резервуарів варто видаляти не рідше одного разу на рік.

При зберіганні нафтопродуктів у резервуарах не допускається наявність підтоварної води вище мінімального рівня, забезпеченого конструкцією пристрою для дренажу води.

Нафтопродукти, що застигають, варто зберігати в резервуарах, обладнаних стаціонарними або переносними засобами обігріву, які забезпечують збереження якості в межах вимог НТД на нафтопродукт.

Нафтопродукти в тарі варто зберігати на стелажах, піддонах або в штабелях у критих складських приміщеннях, під навісом або на спланованій площадці, за-

хищеній від дії прямих сонячних променів і атмосферних опадів. Тару з нафтопродуктами встановлюють пробками нагору.

Пластичні змащення в картонних навивних барабанах варто зберігати в піддонах кришками нагору не більш ніж у три яруси по висоті в критих складських приміщеннях. Допускається зберігати будівельний бітум на відкритих асфальтованих або бетонованих площадках.

Нафтовий кокс зберігають у закритих приміщеннях, бункерах. Допускається зберігати не прожарений (пропечений) кокс на асфальтованих або бетонованих площадках, у бетонованих ямах.

Порядок виконання роботи. Відповідно до заданого *варіанта* визначаємо по табл. 2 *шифри* вантажів.

Таблиця 2

Варіант	Шифр вантажів	Варіант	Шифр вантажів	Варіант	Шифр вантажів
1	1, 11, 21, 31, 7	12	18, 4, 8, 19, 3	23	10, 17, 3, 21, 14
2	2, 12, 22, 32, 8	13	6, 5, 26, 10, 15	24	34, 3, 16, 4, 22
3	3, 13, 23, 33, 9	14	2, 20, 7, 12, 11	25	8, 31, 4, 15, 5
4	4, 14, 24, 34, 10	15	19, 8, 9, 18, 32	26	30, 5, 23, 6, 14
5	5, 15, 25, 1, 11	16	12, 6, 25, 9, 16	27	17, 24, 7, 6, 13
6	6, 16, 26, 2, 12	17	3, 21, 15, 13, 34	28	25, 8, 29, 12, 7
7	7, 17, 27, 3, 13	18	20, 13, 10, 31, 18	29	9, 26, 11, 28, 9
8	8, 18, 28, 4, 14	19	16, 7, 14, 34, 17	30	21, 10, 27, 16, 34
9	9, 19, 29, 5, 15	20	4, 23, 27, 14, 33	31	1, 4, 7, 10, 13
10	10, 20, 30, 6, 16	21	1, 19, 12, 33, 15	32	2, 5, 8, 11, 14
11	1, 24, 5, 11, 30	22	18, 2, 20, 13, 32	33	3, 6, 9, 12, 15

По *шифру* вантажів з табл. 3 визначаємо (випишуємо) *види* нафтопродуктів які перевозяться.

Для кожного виду нафтопродуктів визначається вид сховища, тари й транспортного засобу, які рекомендуються.

Для цього в табл. 1 знаходимо рядок з найменуванням нафтопродукту, а в колонках – види сховищ, тари й транспортних засобів, які рекомендуються (позначені знаком «+»).

Таблиця 3

Шифр	Найменування	Шифр	Найменування
1	2	3	4
1	Нафта	18	Парафін твердий
2	Гази вуглеводневі	19	Бітуми дорожні рідкі
3	Бензини авіаційні	20	Бітуми дорожні в'язкі
4	Бензини автомобільні	21	Бітуми будівельні
5	Нафтіл, гас	22	Присадки
6	Палива дизельні	23	СЖК фракцій C ₅ –C ₆ , C ₇ –C ₉
7	Грубе побутове паливо	24	СЖК фракцій C ₁₀ –C ₁₆ , C ₁₂ –C ₁₆
8	Паливо моторне	25	Асидол, асидол-мило-нафт
9	Ізооктан технічний	26	Нафтеніві кислоти дистильовані
10	Бензин прямої перегонки	27	Спирти синтетичні фракцій C ₁₀ –C ₁₆

Продовження таблиці 3

1	2	3	4
11	Ароматика нафтова	28	Спирти синтетичні фракцій С ₁₆ –С ₂₁
12	Нафтові розчинники	29	Зв'язуюче ливарне, піноутворювач
13	Масла	30	Лакойль, пірополімери
14	Змащення пластичні	31	Інден-кумарова смола
15	Вазелін	32	Сировина для виробництва сажі
16	Петролатум, гач	33	Дифеніл
17	Парафін рідкий	34	Нафтопродукти відпрацьовані

У протоколі для кожного виду нафтопродукту приводяться (виписуються) всі види сховищ, тари й транспортних засобів, які рекомендуються, з урахуванням приміток до табл. 1 і загальних положень до роботи.

В протоколі **обов'язково** приводяться пояснення до особливостей зберігання та перевезення конкретних (заданих) нафтопродуктів.

Практична робота № 10. Визначення поштучного об'єму круглих лісоматеріалів

Мета роботи. Ознайомлення із практичною методикою поштучного вимірів і визначення об'єму круглих лісоматеріалів (когод) хвойних і листяних порід у відібраній партії.

Загальні вказівки. Поштучному виміру й обліку в щільній мері підлягають ділові сортименти, призначені для луцення, стругання, вироблення авіаційних пиломатеріалів, лижних і заготовок для лож, а так само лісоматеріалів коштовних порід: горіхових, букових, дубових, ясенових, каштанових, берестових, чинарових, кленових, яблуневих і грушевих.

Для визначення поштучно об'єму круглих лісоматеріалів необхідно виміряти два основних параметри – довжину й діаметр.

▲ Довжину прямих круглих лісоматеріалів вимірюють як найменшу відстань L (м) між двома паралельними площинами, що перетинають повний поперечний переріз колоди* в кожного торця перпендикулярно до його поздовжньої осі (рис. 1, а, б, в). Довжину колоди із кривизною вимірюють у такий же спосіб, як і довжину прямої колоди (рис. 1, г).

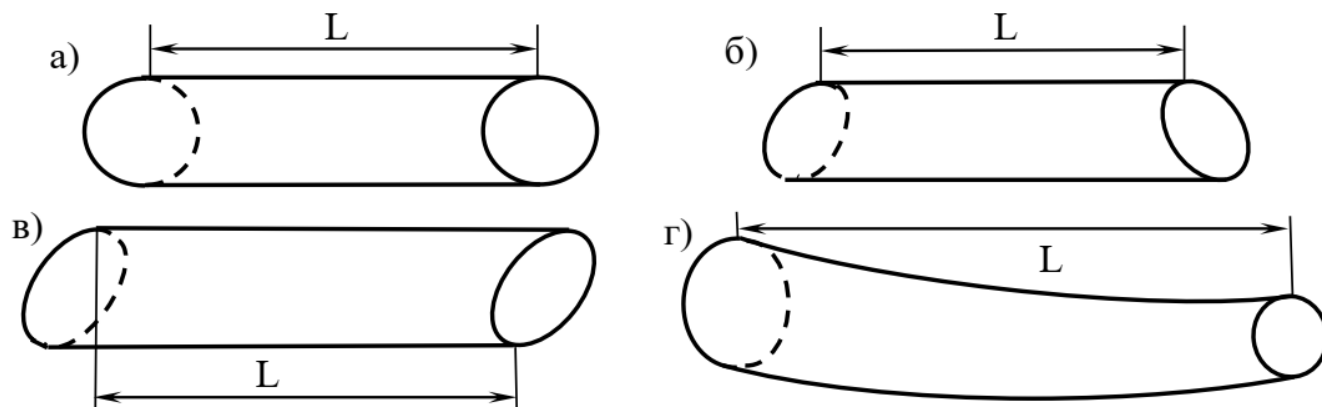


Рисунок 1 – Вимірювання довжини круглих лісоматеріалів

*Колоди це певний різновид круглих лісоматеріалів [19, 26], але для простоти викладання матеріалу, замість сполучення «круглі лісоматеріали» далі де-не-де буде використовуватися також термін «колоди».

Значення обмірюваної довжини колод зменшують на величину припуску й відхилення яке допускається, але не більше ніж на 0,1 м, округляють до найближчого меншого номінального значення.

Довжину круглих лісоматеріалів варто фіксувати в метрах з точністю до другого знаку після коми.

▲ Діаметр круглих лісоматеріалів вимірюють у частках сантиметра по довжині перпендикуляра між двома паралельними прямими, що торкаються бічної поверхні колоди із протилежних сторін. Перпендикуляр, по якому проводять вимір діаметра, повинен розташовуватися під прямим кутом до поздовжньої осі колоди.

Якщо вимірюваний діаметр колоди не перевищує 20 см, то можна проводити один вимір, розташовуючи вимірювальний інструмент у напрямку, що забезпечує вимір середнього діаметра у вимірюваному перерізі.

Для круглих лісоматеріалів овальної форми, роблять вимір найменшого й найбільшого діаметрів. Овальними вважають колоди з різницею між найбільшим і найменшим діаметрами 2 см і більше.

Вимір нижнього діаметра в окорених колодах, які мають конусне розширення стовбура у кореня (заокоренистість), роблять із корою на відстані 0,5 м від нижнього торця.

Верхній d і нижній D діаметри кожної колоди з корою (d_K , D_K) вимірюють на кінцевих перерізах колоди як довжину прямої лінії, яка проходить через геометричний центр перпендикулярно поздовжньої осі лісоматеріалів (рис. 2, а), а колоди без кори (d , D) – по границі між деревиною й корою (рис. 2, б).

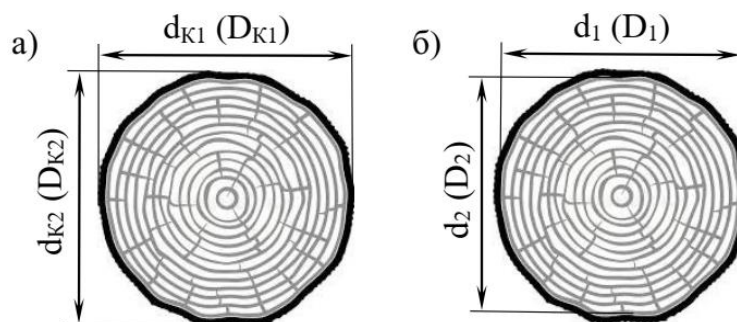


Рисунок 2 – Вимір діаметра круглих лісоматеріалів

За результат виміру кожного діаметра приймають середнє арифметичне значення результатів вимірів двох взаємно перпендикулярних діаметрів колоди без кори:

$$\begin{aligned}d_K &= (d_{K1} + d_{K2}) / 2; \\D_K &= (D_{K1} + D_{K2}) / 2; \\d &= (d_1 + d_2) / 2; \\D &= (D_1 + D_2) / 2.\end{aligned}$$

Результат середньоарифметичного приводять у сантиметрах з округленням

до першого знаку після коми.

Результати виміру верхнього й нижнього діаметрів часто записують у сантиметрах, округляючи до цілого числа. Ціле число збільшують на одиницю, якщо дробова частина результату дорівнює або перевищує 0,5 см; ціле число не змінюють, якщо дробова частина менш 0,5 см. Значення діаметрів також допускається округляти до парного числа. У цьому випадку частки парного числа відкидають, а ціле непарне число й частки більше непарного числа округляють до більшого парного числа.

Вимір верхнього й нижнього діаметрів ділових сортиментів круглих лісоматеріалів проводять безпосередньо на торцях без врахування кори. У дров діаметр колод у будь-якому перерізі вимірюють з корою. При вимірюванні розмірів колод автоматизованими засобами, їхній діаметр визначають із корою з наступним виключенням товщини кори.

Серединний діаметр (d_c) круглих лісоматеріалів вимірюють без кори на половині довжини колоди. Для цього вимірюють довжину колоди й знаходять половину цього значення й округляють його до найближчого цілого числа. Відкладають на вимірюваній колоді від верхнього відрізу відстань $1/2 \cdot L$ і роблять відмітку крейдою на колоді. Потім відкладають відстань $1/2 \cdot L$ від нижнього відрізу й роблять іншу відмітку. Вимірювання проводять на половині відстані між двома відмітками.

Результат вимірювання серединного діаметра округляють до цілого числа.

Вади деревини й механічні пошкодження не повинні здійснювати впливу на результати виміру діаметра. Якщо в точці по довжині колоди, де необхідно виміряти діаметр, є очевидне порушення форми, що може спотворити результат вимірювання, то проводять два вимірювання, які рівно віддалені від цієї точки, або змінюють напрямок виміру діаметра.

➤ Розглянемо поштучні методи вимірів і визначення об'єму круглих лісоматеріалів, для яких здійснюють розкочування штабеля або вибірки (вилучення) колод з метою забезпечення доступу до кожної колоди.

Вибір конкретного методу залежить від необхідної норми точності визначення об'єму лісоматеріалів і технологічності процесу вимірювання.

▲ Метод серединного перерізу.

Метод серединного перерізу передбачає обчислення об'єму циліндра, основою якого служить площа поперечного перерізу, узятого на середині колоди без кори. Вимірювання серединного діаметра й довжини проводять для кожної колоди. Обчислення об'єму колоди V , m^3 , проводять по формулі

$$V = 3,14159 \cdot d_c^2 \cdot L / (4 \cdot 10000), \quad (1)$$

де d_c – серединний діаметр колоди, см;

L – довжина колоди, м.

▲ Метод усіченого конуса.

Метод усіченого конуса передбачає вимірювання верхнього діаметра d , нижнього діаметра D і довжини кожної колоди L . Обчислення об'єму колоди без кори V , m^3 , здійснюють по формулі усіченого конуса:

$$V = 3,14159 \cdot L \cdot (d^2 + D^2 + d \cdot D) / (12 \cdot 10000). \quad (2)$$

▲ Секційний метод.

Метод заснований на підсумовуванні об'єму секцій усіченого конуса по довжині колоди й передбачає:

– вимірювання діаметра колоди з корою у верхньому й нижньому торцях і наприкінці кожної секції через рівні відрізки довжиною ℓ від одного вимірювання до іншого;

– обчислення діаметра колоди без кори по всіх перерізах виключенням подвійної товщини кори;

– обчислення об'єму колоди без кори V , м^3 , як суми об'ємів секцій по формулі

$$V = 3,14159 \cdot \ell_i / (12 \cdot 10000) \cdot \sum_{i=1}^{n-1} (d_i^2 + D_i^2 + d_i \cdot D_i) + 3,14159 \cdot \ell_n \cdot (d_n^2 + D_n^2 + d_n \cdot D_n) / (12 \cdot 10000), \quad (3)$$

де ℓ_i – довжина секцій заданого розміру, м. Відстань ℓ_i по довжині колоди від одного виміру до іншого не повинне перевищувати 0,20 м при автоматизованих вимірах, 2 м – при ручних вимірах;

ℓ_n – довжина останньої секції n , що має меншу довжину, чим ℓ_i , м;

d_i, d_n – верхній діаметр секції колоди без кори заданої довжини й останньої, більш короткої, секції, см;

D_i, D_n – нижній діаметр секції колоди без кори заданої довжини й останньої, більш короткої, секції, см.

Об'єм колоди V , отриманий по формулі (3), може бути обчислений з корою з наступним перерахуванням в об'єм без кори з використанням поправочного коефіцієнта.

▲ Метод верхнього діаметра й середнього стоку (збігу, звуження).

Метод є різновидом методу серединного перерізу, у якому серединний діаметр замінюють на його розрахункове значення, отримане додатком до обмірюваного верхнього діаметра d добутку середнього стоку на половину довжини колоди L . Обчислення об'єму колоди здійснюється по формулі

$$V = 3,14159 \cdot L / (4 \cdot 10000) \cdot (d + S_C \cdot L / 2)^2, \quad (4)$$

де S_C – середній стік (збіг, звуження) колоди, см/м.

Середній стік колоди визначається вибірковими вимірами в районі заготівлення. Об'єм вибірки повинен бути не менш 500 колод по кожній породі окремо. У кожній колоді вибірки вимірюють верхній d і нижній D діаметри й довжину L колоди. Стік (збіг) обчислюють по формулі

$$S = (D - d) / L. \quad (5)$$

За результатами вимірів колод вибірки обчислюють середнє арифметичне значення стоку колод S_C по формулі

$$S_C = \sum S_i / n, \quad i = 1, n, \quad (6)$$

де n – число колод (од.), по яких визначають індивідуальні значення стоку S_i .

▲ Метод визначення об'єму круглих лісоматеріалів по таблицях ДСТ.

Метод є найпоширенішим засобом обліку круглих лісоматеріалів на всіх стадіях їхнього виробництва, при торговельних угодах і при контрольних вимірах.

Метод заснований на визначенні об'єму колод по довжині й діаметру у верхньому торці, обмірюваному без кори. Виміри й округлення до прийнятих градацій діаметрів і довжин лісоматеріалів варто проводити за ДСТ.

ДСТ має 4 таблиці об'ємів круглих лісоматеріалів:

- довжиною від 1,0 до 9,5 м і товщиною від 3 до 120 см (табл. 1);
- довжиною від 0,5 до 0,9 м і товщиною від 6 до 15 см (табл. 2);
- довжиною від 10,0 до 13,5 м і товщиною від 8 до 38 см, застосовуваних переважно для різних щогл і опор (табл. 3);
- довжиною від 2,0 до 7,0 м і товщиною від 6 до 15 см, одержуваних з верхньої частини стовбурів, що має підвищену збіжність (форму конусу) – не менш 1 см на 1 м довжини колоди (табл. 4).

Об'єм круглих лісоматеріалів довжиною понад 13,5 м визначається як сума об'ємів двох колод приблизно рівної довжини, на які умовно розмічається довгомірний сортимент. У місці розмітки знімається кора у вигляді паска шириною на відстані від 10 см до 15 см для вимірювання діаметра.

▲ Метод кінцевих перерізів.

Метод кінцевих перерізів передбачає визначення об'єму колоди по вимірах діаметра верхнього d , нижнього D торців і довжини колоди L .

Визначення об'єму колоди засновано на усередненні об'ємів двох циліндрів з діаметрами основ (підстав), рівними діаметрам торців. Об'єм колоди без кори V , m^3 , обчислюють по формулі

$$V = 3,14159 \cdot L \cdot (d^2 + D^2) / (8 \cdot 10000), \quad (7)$$

► Об'єм партії круглих лісоматеріалів V_{Π} обчислюють як суму об'ємів окремих колод, що входять у партію

$$V_{\Pi} = \sum V_i, \quad (8)$$

де V_i – об'єм окремої i ($i = 1, n$) колоди, m^3 ;

n – число колод, які складають партію круглих лісоматеріалів, од.

Результати визначення об'єму круглих лісоматеріалів по викладених методах округляють:

- до $0,0001 m^3$ – при об'ємі однієї колоди або партії колод до $0,5 m^3$;
- до $0,01 m^3$ – при об'ємі однієї колоди або партії колод більше $0,5 m^3$.

► Існує декілька способів врахування наявності кори при розрахунку об'єму круглих лісоматеріалів.

▲ Кору з об'єму круглих лісоматеріалів виключають такими способами:

- виміром діаметрів на кінцевих перерізах без кори по границі між деревиною й корою;
- зняттям шару кори по окружності колоди в місці виміру серединного діаметра;
- зменшенням серединного діаметра, обмірюваного з корою, на подвійну товщину кори. Подвійну товщину кори визначають як середнє значення товщини кори у верхньому й нижньому перерізах, помножене на два;
- множенням об'єму, обмірюваного з корою, на поправочний коефіцієнт на об'єм кори

$$V = V_K \cdot P_K, \quad (9)$$

де V – об’єм без кори, м^3 ;

V_K – об’єм з корою, м^3 ;

P_K – поправочний коефіцієнт на об’єм кори.

Поправочний коефіцієнт на об’єм кори визначають за результатами вибіркового вимірів серединних діаметрів колод без кори й з корою окремо для кожної породи й сортименту. Об’єм вибірки – не менш 500 колод.

Поправочний коефіцієнт на об’єм кори P_K обчислюють по формулі

$$P_K = \frac{\sum_{i=1}^n d_{BK_i}^2}{\sum_{i=1}^n d_{K_i}^2}, \quad (10)$$

де d_{BK_i} – діаметр колоди без кори, мм;

d_{K_i} – діаметр колоди з корою, мм;

n – число колод у вибірці, од.

Допускається визначати відсоток вмісту кори по нормативах, установленим у технічній документації країни-постачальника.

▲ Об’єм партії круглих лісоматеріалів з корою можна визначити шляхом множення об’єму партії колод, обмірюваного без кори, на відповідний коефіцієнт на об’єм кори K_K , який залежить від породи деревини (табл. 1)

$$V_K = V_{\Pi} \cdot K_K. \quad (11)$$

Таблиця 1 – Коефіцієнти на об’єм кори (K_K)

Порода	Коефіцієнт K_K	Порода	Коефіцієнт K_K	Порода	Коефіцієнт K_K
Ялина	1,08	Ялиця	1,10	Береза	1,10
Сосна	1,07	Модрина	1,20	Середнє	1,17

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта по табл. 2 вибираються й виписуються вихідні данні для розрахунків:

Таблиця 2

Варі-ант	d, см	D, см	L, м	n, од.	Варі-ант	d, см	D, см	L, м	n, од.	Варі-ант	d, см	D, см	L, м	n, од.
1	10	12	4	50	12	31	35	15	300	23	42	46	14	75
2	12	14	5	75	13	32	34	4	400	24	43	47	15	100
3	14	16	6	100	14	33	35	5	500	25	44	47	8	125
4	16	19	7	125	15	34	36	6	50	26	10	13	9	150
5	18	21	8	150	16	35	38	7	75	27	12	15	10	200
6	20	23	9	200	17	36	39	8	100	28	14	18	11	250
7	22	25	10	250	18	37	40	9	125	29	16	20	12	300
8	24	27	11	300	19	38	41	10	150	30	18	22	13	400
9	26	30	12	400	20	39	42	11	200	31	19	20	14	350
10	28	32	13	500	21	40	44	12	500	32	21	23	15	450
11	30	34	14	250	22	41	45	13	50	33	23	24	16	500

✓ d – верхній діаметр колоди без кори, см;

✓ D – нижній діаметр колоди без кори, см;

✓ L – довжина колоди, м;

✓ n – число колод у партії, од.

У роботі приймається, що всі круглі лісоматеріали (колоди) партії мають

однакові розміри.

Визначаємо об'єми заданого круглого лісоматеріалу (V) описаними раніше способами.

▲ Метод серединного перерізу.

У даній роботі серединний діаметр, см (d_c) круглих лісоматеріалів визначається з вираження

$$d_c = (d + D) / 2.$$

Підставивши вихідні данні у формулу 1, одержуємо об'єм колоди.

▲ Метод усіченого конуса.

Підставивши вихідні данні у формулу 2, одержуємо об'єм колоди.

▲ Метод верхнього діаметра й середнього стоку.

У даній роботі середній стік (збіг, звуження) колоди, см/м. (S_C) круглих лісоматеріалів визначається з вираження

$$S_C = (D - d) / L.$$

Підставивши вихідні данні у формулу 4, одержуємо об'єм колоди.

▲ Метод кінцевих перерізів.

Підставивши вихідні данні у формулу 7, одержуємо об'єм колоди.

▲ Метод визначення об'єму круглих лісоматеріалів по таблицях.

У табл. 3 наведений фрагмент таблиць ДСТ для визначення об'ємів круглих лісоматеріалів.

У табл. 3 знаходимо рядок зі значенням верхнього діаметра колоди без кори d , см і стовпець зі значенням довжини L , м. На їхньому перетинанні одержуємо об'єм колоди.

Знаходимо об'єм партії круглих лісоматеріалів визначених різними способами по формулі 8, перетворивши її

$$V_{\Pi} = V \cdot n.$$

Розраховуємо об'єм партії круглих лісоматеріалів з корою (V_K) для всіх методів по формулі 11.

Тому що не задана порода деревини, то значення K_K приймаємо як середнє.

Далі визначаємо похибку методів. Для цього розраховуємо відхилення об'єму круглих лісоматеріалів ΔV_i , визначених по i методу (серединного перерізу, усіченого конуса, верхнього діаметра й середнього стоку, кінцевих перерізів) щодо методу визначення об'єму круглих лісоматеріалів по таблицях ДСТ з виразу

$$\Delta V_i = |V_{K_i} - V_K^T|,$$

де V_{K_i} – об'єм партії круглих лісоматеріалів з корою, визначених по i методу (серединного перерізу, усіченого конуса, верхнього діаметра й середнього стоку, кінцевих перерізів);

V_K^T – об'єм партії круглих лісоматеріалів з корою, визначених по таблицях ДСТ.

Значення ΔV_i розраховується по модулю, тому завжди має позитивний знак.

Наприкінці роботи розраховуємо похибку Δ_i , % для кожного методу

$$\Delta_i = \Delta V_i / V_K^T \cdot 100.$$

Розрахунок V_{Π} , V_K , ΔV_i і Δ_i можна групувати по методах визначення.

Таблиця 3

d, см	Об'єм колоди, м ³ , при довжині L, м											
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
10	0,045	0,061	0,080	0,100	0,123	0,149	0,177	0,208	0,241	0,278	0,318	0,361
12	0,062	0,083	0,106	0,132	0,161	0,192	0,227	0,265	0,305	0,349	0,397	0,448
14	0,080	0,107	0,136	0,168	0,204	0,242	0,284	0,329	0,377	0,429	0,485	0,545
16	0,102	0,134	0,170	0,209	0,251	0,297	0,346	0,399	0,456	0,517	0,582	0,651
18	0,126	0,165	0,208	0,254	0,304	0,358	0,415	0,477	0,543	0,613	0,687	0,766
20	0,152	0,199	0,249	0,304	0,362	0,424	0,491	0,562	0,637	0,717	0,802	0,891
22	0,181	0,236	0,295	0,357	0,425	0,496	0,573	0,653	0,739	0,829	0,925	1,025
24	0,212	0,276	0,344	0,416	0,493	0,574	0,661	0,752	0,848	0,950	1,057	1,169
26	0,246	0,319	0,396	0,478	0,565	0,658	0,755	0,857	0,965	1,078	1,197	1,322
28	0,283	0,365	0,453	0,546	0,643	0,747	0,855	0,970	1,090	1,215	1,347	1,485
30	0,322	0,415	0,513	0,617	0,726	0,841	0,962	1,089	1,221	1,360	1,505	1,657
31	0,342	0,441	0,545	0,654	0,770	0,891	1,018	1,151	1,290	1,436	1,588	1,746
32	0,363	0,467	0,577	0,693	0,814	0,942	1,075	1,215	1,361	1,513	1,672	1,838
33	0,385	0,495	0,611	0,732	0,860	0,994	1,134	1,281	1,434	1,593	1,759	1,932
34	0,407	0,523	0,645	0,773	0,907	1,048	1,195	1,348	1,508	1,675	1,848	2,029
35	0,430	0,552	0,680	0,815	0,956	1,103	1,257	1,417	1,584	1,758	1,940	2,128
36	0,454	0,582	0,717	0,858	1,005	1,159	1,320	1,488	1,663	1,844	2,033	2,229
37	0,478	0,613	0,754	0,902	1,056	1,217	1,385	1,560	1,743	1,932	2,129	2,333
38	0,503	0,644	0,792	0,947	1,108	1,277	1,452	1,635	1,825	2,022	2,227	2,439
39	0,528	0,676	0,831	0,993	1,162	1,338	1,521	1,711	1,909	2,114	2,327	2,547
40	0,554	0,709	0,871	1,040	1,216	1,400	1,590	1,789	1,994	2,208	2,429	2,658
41	0,581	0,743	0,912	1,089	1,272	1,463	1,662	1,868	2,082	2,304	2,533	2,771
42	0,608	0,778	0,954	1,138	1,330	1,528	1,735	1,949	2,171	2,402	2,640	2,887
43	0,636	0,813	0,997	1,189	1,388	1,595	1,810	2,032	2,263	2,502	2,749	3,004
44	0,665	0,849	1,041	1,240	1,448	1,663	1,886	2,117	2,356	2,604	2,860	3,125

Практична робота № 11. Групове визначення об'єму круглих лісоматеріалів

Мета роботи. Ознайомлення із практичною методикою групового виміру (в штабелях), визначення об'єму круглих лісоматеріалів (колод) і коефіцієнта повнодеревини.

Загальні вказівки. До групових відносяться геометричний, ваговий й гідростатичний методи визначення об'єму.

▲ Визначення об'єму ваговим методом здійснюють для штабелів колод, які складають (відносяться до неї) вагонну, суднову або автомобільну партію.

Об'єм партії колод без кори V , м³, обчислюють по формулі

$$V = M / K_p,$$

де M – маса колод у партії, т;

K_p – коефіцієнт щільності колод, т/м³.

Масу колод у партії M визначають як різницю між масою бруто й масою тари (вагона, автомобіля). Допускається вимірювання маси партії колод, заванта-

жених на судно по вимірах осадки (осідання) судна [25, 27].

Значення K_p визначають за результатами вибіркового вимірів окремо для партій круглих лісоматеріалів з корою і без, а також залежно від породи деревини, району й сезону заготівки. Число колод, яку відбираються у вибірку, не повинне бути менше 60 од.

▲ Гідростатичний метод вимірювання об'єму використовують для виміру об'єму пакета колод і базується на законі Архімеда.

Установка гідростатичного зважування складається з: ваг; захвату, який забезпечує обтискання (затискання) пакету колод; ємності з водою; пристрою для повного занурення у воду всіх колод пакету й занурення захвату до фіксованого постійного рівня.

Об'єм пакета колод V дорівнює

$$V = 1 / \rho \cdot (M_1 - M_{T1} + M_{T2} - M_2),$$

де M_1, M_2 – відповідно, маса бруто (штабеля колод і захвату) у повітрі й після занурення у воду до фіксованого рівня, т;

M_{T1}, M_{T2} – відповідно, маса тари (захвату) у повітрі й після занурення у воду до фіксованого рівня, т;

ρ – щільність води, т/м³.

▲ Найбільше поширення одержав геометричний метод. Для знаходження об'єму (м³) штабеля колод геометричним методом спочатку визначають складувальний об'єм кожного штабеля. При цьому, штабель може перебувати у вагоні, на автомобілі, у трюмі або на палубі судна, у накопичувачі лісу (касеті) або на ґрунті (на складі в штабелі).

➤ Визначення об'єму колод у штабелі, сформованому на складі (на землі, на ґрунті, на підлозі).

Складувальний об'єм штабеля колод (V_C) – це об'єм, обчислений за результатами вимірювання його висоти, ширини й довжини. Він включає об'єм деревини, об'єм кори (при її наявності) і об'єм порожнеч між окремими колодами штабеля.

Складувальний об'єм штабеля колод V_C , м³, сформованого на складі, обчислюють по формулі

$$V_C = L \cdot B \cdot H, \quad (1)$$

де L – довжина штабеля, м;

B – ширина штабеля, м;

H – висота штабеля, м.

Вимірювання висоти штабеля H здійснюють по секціях. При цьому торцеву сторону штабеля ділять на n однакових частин (секцій) довжиною не більше 3 м. Висоту кожної секції (h , м), вимірюють по середині з обох торцевих сторін штабеля. Висоту штабеля H визначають як середньоарифметичне значення висоти всіх секцій штабеля. Товщину підкладок під штабелем і прокладок з обмірюваної висоти виключають.

Ширину штабеля B , сформованого на складі, приймають рівній номінальній довжині сортиментів, які встановлені в технічних документах або в договорах на поставку (без припусків).

Довжину штабеля L , сформованого на складі (рис. 1), вимірюють уздовж

обох (передньої і задньої) торцевих сторін штабеля з обчисленням середнього значення по формулі

$$L = (L_1 + L_1' + L_2 + L_2') / 4, \quad (2)$$

де L_1, L_1' – відповідно, довжина штабеля по основі уздовж торцевої передньої й задньої сторони, м;

L_2, L_2' – відповідно, довжина штабеля по верхньому ряді уздовж торцевої передньої й задньої сторони, м.

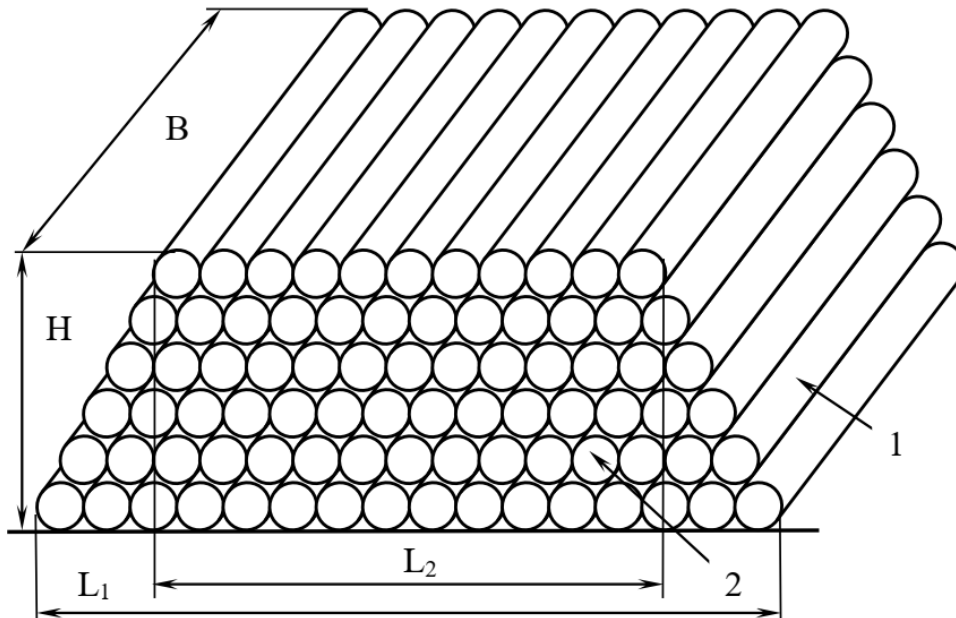


Рисунок 1 – Штабель лісу: 1 – бічна сторона штабеля; 2 – торцева сторона штабеля

При визначенні складувального об'єму (V_C), також застосовують візуальне вирівнювання колод у штабелі за правилом «повного ящика»: умовні вертикальні й горизонтальні стінки «ящика» розташовують так, щоб колоди або частини колод, що виступають за стінки «ящика», помістилися в порожнечі між стінками «ящика» й іншими колодами штабеля. Це правило передбачає, що замість виміру об'єму штабеля неправильної форми проводять вимір об'єму прямокутного паралелепіпеда, рівного об'єму штабеля.

Для переведення отриманого складувального об'єму штабеля (V_C) в «щільний» об'єм (V) (без кори й порожнеч) застосовують відповідний коефіцієнт повнодеревини по таблицях 1 і 2.

➤Визначення об'єму колод у штабелі, сформованому у вагоні, автомобілі.

Передбачається, що штабель лісоматеріалів на транспортному засобі складається із прямокутної частини (прямокутний паралелепіпед) і звуженої частини, поперечний переріз якої представляє напівеліпс (рис 2,б). Більша вісь напівеліпсу дорівнює ширині штабеля між стояками транспортного засобу, а мала піввісь дорівнює висоті звуженої частини штабеля.

Складувальний об'єм штабеля (V_C) обчислюється як сума об'ємів прямокутної й звуженої частин по формулі

$$V_C = L \cdot B \cdot (H_{CP} + (\pi / 4) \cdot h_{CP}), \quad (3)$$

де L – номінальна довжина колод у штабелі, м;

B – ширина штабеля в транспортному засобі, м;

H_{CP} – середня висота прямокутної частини штабеля, м;

h_{CP} – середня висота звуженої частини штабеля, м.

Таблиця 1 – Коефіцієнти повнодеревини лісоматеріалів для штабелів без прокладок на землі (на складі) при довжині лісоматеріалів (L) до 2 м

Порода	Коефіцієнт повнодеревини $K_{П}$					
	з корою		грубо окорених		окорених (без кори)	
	$L < 1$	$1 \leq L \leq 2$	$L < 1$	$1 \leq L \leq 2$	$L < 1$	$1 \leq L \leq 2$
Ялина, ялиця	0,710	0,690	0,760	0,740	0,780	0,760
Сосна	0,690	0,670				
Модрина	0,670	0,650				
Береза, осика	0,700	0,680	–	–	0,790	0,770
Липа	0,670	0,660				

Таблиця 2 – Коефіцієнти повнодеревини штабелів колод при довжині лісоматеріалів (сортименту) 3 м і більше

Порода	Коефіцієнт повнодеревини $K_{П}$, при довжині сортименту, м				
	3	4	5	6	7
Ялина, ялиця	0,673	0,665	0,660	0,655	0,651
Сосна	0,660	0,655	0,652	0,650	0,648
Модрина	0,645	0,640	0,637	0,635	0,633
Береза, осика	0,670	0,663	0,660	0,656	0,652

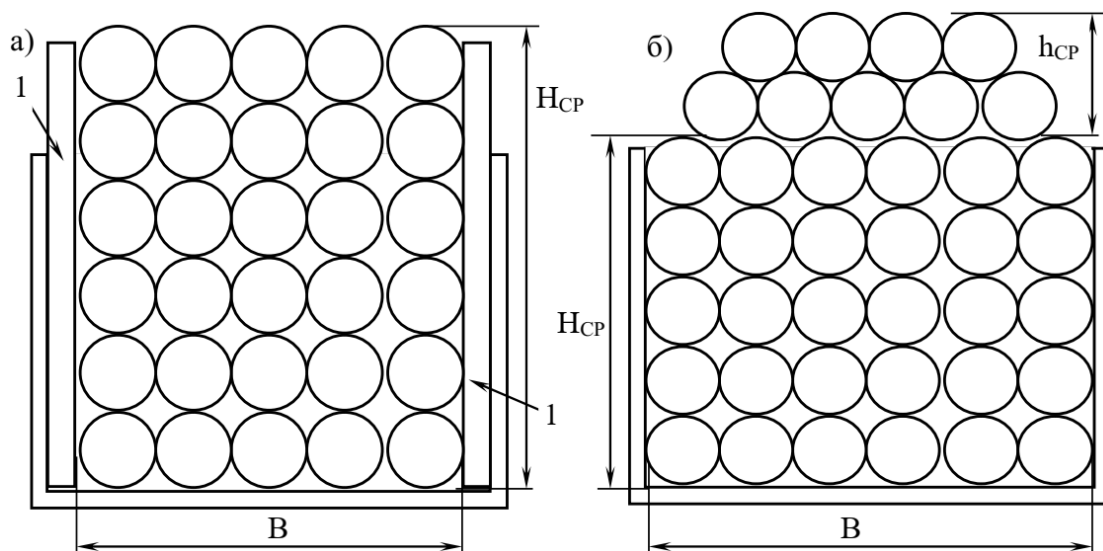


Рисунок 2 – Схема завантаження транспортних засобів (вид з торця):
а - без «шапки»; б - з «шапкою»; 1 - стояки

Якщо штабель на транспортному засобі не має звуженої частини й може бути представлений як прямокутний паралелепіпед (рис. 2,а), його V_C обчислюється по формулі

$$V_C = L \cdot B \cdot H_{CP} \quad (4)$$

Вимірювання розмірів штабелів, які перебувають у залізничному вагоні (пі-

вагоні, на платформі) або на автомобілі (причепі), здійснюють із завантажувальної естакади, із землі (грунту) або із зазначених транспортних засобів.

При наявності підходів до одного з торців штабеля, ширину штабеля B вимірюють як фактичну відстань між внутрішніми сторонами стояків (бортів) вагона або автомобіля на рівні ряду, у якому крайні колоди щільно прилягають до стояків (бортам), допускається вимірювати ширину штабеля на висоті, приблизно рівній половині габаритної висоти штабеля.

При відсутності підходів до одного з торців штабеля, його ширину B вимірюють як фактичну відстань між внутрішніми сторонами стояків (бортів) вагона або автомобіля по середині довжини штабеля, перебуваючи на транспортному засобі.

У випадку зміни ширини штабеля внаслідок деформації бортів піввагона або стояків платформи, при використанні платформ і піввагонів із шириною, що відрізняється від зазначеної вище, а також для штабелів, завантажених на автомобіль, ширину вимірюють по відстані між стояками (бортами) на висоті, рівній половині габаритної висоти штабеля.

Довжину штабеля L визначають шляхом вибіркового вимірів довжини не менш ніж десяти колод у тих частинах штабеля, які найбільш зручні для виміру довжини колод (наприклад, верхні ряди штабеля, колоди по краях штабеля, й ін.).

Висоту прямокутної частини штабеля колод H_{CP} , завантажених на залізничний транспорт із «шапкою», вимірюють у місцях установки прокладок, стяжки під «шапку» від низу прокладки, стяжки до рівня підлоги транспортного засобу з обох його сторін.

Висота звуженої частини h_{CP} вимірюється над прокладками під «шапку».

Висота прямокутної частини штабеля H_{CP} , завантажених на автомобіль або залізничний транспорт без «шапки», вимірюється біля стояків, що обгороджують штабель, у чотирьох стояків по кінцях штабеля.

Довжину, ширину й висоту штабеля вимірюють у метрах з точністю до другого знаку після коми (до 1 см). Товщину підкладок і прокладок у розрахунок не приймають.

При використанні значення висоти штабеля вантажу покладеного на транспортний засіб, яку вимірювали у відправників, її множать на коефіцієнт 0,98, що враховує усадку (осідання, зменшення висоти) висоти штабеля при транспортуванні.

★ Застосовується й інший спосіб вимірювання висоти.

При обмірюванні із землі (грунту) визначають висоту (H) на рівні нижнього краю борта піввагона або підлоги платформи. З результатів виміру висоти штабеля в піввагонах віднімають товщину підлоги, а в платформах з металевими стояками – висоту поперечної балки.

При обмірюванні зі завантажувальної естакади вимірюють висоту від борту піввагона до верхніх колод і додають висоти борту.

При проведенні вимірювання із транспортного засобу, висоту штабеля вимірюють по середині його довжини від верхньої кромки колод штабеля до підлоги вагона, кузова автомобіля або причепа.

Проводять вимір товщини підкладок під штабелем, прокладок усередині

штабеля й під «шапкою» і товщини шару сміття (при їхній наявності).

Тоді розрахункову висоту кожного штабеля $H_{РОЗ}$ обчислюють по формулі

$$H_{РОЗ} = H - h_{П} - \sum h_{УС} - h_{С},$$

де H – обмірювана (визначена) висота штабеля, м;

$h_{П}$ – напівсума товщини двох нижніх підкладок, покладених на підлозі вагона під штабелем, або напівсума висоти торцевого порогу піввагона й товщини нижньої підкладки, якщо штабель зовнішнім кінцем опирається на поріг, а іншим – на підкладку, м;

$\sum h_{УС}$ – сума середнього арифметичного товщини прокладок, покладених усередині штабеля, і середнього арифметичного товщини прокладок, покладених під «шапкою», м, зі збільшенням при цьому отриманого результату для кожного виду наявних прокладок на 0,02 м;

$h_{С}$ – товщина шару сміття, бруду, льоду, який перебуває на підлозі транспортного засобу (визначається до завантаження транспортного засобу або після його розвантаження), м.

Після проведення натурних вимірів і розрахунку складувального об'єму штабеля ($V_{С}$), визначають «щільний» об'єм штабеля $V_{П}$, м³ по формулі

$$V_{П} = V_{С} \cdot K_{П}, \quad (5)$$

де $V_{С}$ – складувальний об'єм, м³;

$K_{П}$ – коефіцієнт повнодеревини.

Коефіцієнта повнодеревини ($K_{П}$) для штабелів круглих сортиментів (різновидів деревини) довжиною більше 2 м, завантажених на транспортні засоби, вибирають по табл. 3 з урахуванням характеристик круглих лісоматеріалів (породи, довжини, діаметра, призначення, у корі, без корі). При довжині лісоматеріалів до 2 м, значення $K_{П}$ визначається по табл. 1.

Таблиця 3 – Коефіцієнти повнодеревини $K_{П}$ штабелів колод, завантажених у вагони й на автомобілі при довжині лісоматеріалів більше 2 м

Призначення лісоматеріалів	Діаметр, см	Довжина, м	Коефіцієнти повнодеревини $K_{П}$	
			у корі	без корі
А. Хвойні породи				
Баланси з технологічної сировини 4 сорти	від 6 до 14	від 2,1 до 3,9	0,60	0,66
		від 4,0 до 5,5	0,56	0,62
		від 5,6 до 6,5	0,53	0,59
Пиловочні колоди, шпальні колоди, баланси	14 і більше	від 2,1 до 3,9	0,69	0,76
		від 4,0 до 5,5	0,66	0,73
		від 5,6 до 6,5	0,62	0,68
Б. Листяні породи				
Баланси з технологічної сировини 4 сорти	від 6 до 14	від 2,1 до 3,9	0,59	0,67
		від 4,0 до 5,5	0,56	0,63
		від 5,6 до 6,5	0,54	0,61
Пиловочні колоди (для вироблення пиломатеріалів)	14 і більше	від 3,0 до 3,9	0,64	0,72
		від 4,0 до 5,5	0,59	0,67
		від 5,6 до 6,5	0,58	0,65

При наявності в штабелі колод із частково вилученою (видаленою, знятою) ко-

рою (частка яких понад 30 %) до коефіцієнтів «повнодеревини в корі» застосовують поправочний (коригуючий) коефіцієнт, середньозважений між коефіцієнтами для колод у корі й без кори відповідно до процентного вмісту тих і інших.

До факторів, що уточнюють коефіцієнт повнодеревини K_{Π} , відносять:

- якість укладання штабеля;
- збіг (стік, звуження) колоди;
- сучки, заокоренковість;
- кривизну колод;
- середній діаметр колод;
- лід, сніг та інші фактори.

Після візуальної оцінки цих факторів в обране значення K_{Π} вводяться відповідні виправлення. Виправлення до коефіцієнта повнодеревини по кожному із зазначених факторів перебувають у межах від мінус 0,02 до плюс 0,02 і встановлюється за узгодженням постачальника зі споживачем.

➤ При розбіжностях між продавцем і покупцем із приводу табличних значень K_{Π} їх визначають методами пробних площ – «діагоналей» і «площі торців» або штабельним методом.

▲ Для визначення K_{Π} методом «діагоналей» випадковим образом закладають пробні площі (штабелі) прямокутної форми. Розміри площі вибирають із таким урахуванням, щоб на їхню діагональ попадало не менш 60 торців сортиментів, у протилежному (іншому) випадку для подальших розрахунків використовують суму двох діагоналей.

Коефіцієнт повнодеревини K_{Π} визначають по формулі

$$K_{\Pi} = (T_1 + T_2) / (L_{D1} + L_{D2}),$$

де T_1, T_2 – відповідно, довжина торців по першій і другій діагоналі, м;

L_{D1}, L_{D2} – відповідно, довжина першої й другої діагоналі, м.

▲ Для визначення K_{Π} методом «площі торців» випадковим образом закладають типові для вимірюваного штабеля, площі прямокутної форми. Розміри площі (штабеля) із урахуванням висоти та довжини штабеля, довжини сортименту, якості та рівномірності укладання, доступу до штабеля вибирають таким чином, щоб їхня сумарна площа становила не менш 10 % площі торцевої сторони штабеля й містила в собі при цьому не менш 60 торців.

Пробну площу S_{Π} , м², обчислюють по формулі

$$S_{\Pi} = A \cdot H_{\Pi},$$

де A – ширина пробної площі, м;

H_{Π} – висота пробної площі, м.

Потім визначають площу деревини без кори (з корою), без порожнеч по торцях сортиментів, які цілком (S_T) і частково (S_H) потрапили у пробну площу. Їхню загальну площу S_3 , м², обчислюють по формулі

$$S_3 = S_T + S_H.$$

Коефіцієнт повнодеревини K_{Π} визначають із виразу

$$K_{\Pi} = S_3 / S_{\Pi},$$

▲ Метод визначення коефіцієнта повнодеревини штабельним методом рекомендується як контрольний при поставках (постачанні) лісоматеріалів автомобільним або залізничним транспортом.

Складувальний об'єм штабеля (V_C) визначається методами, викладеними раніше.

Щільний об'єм (без порожнеч) всіх колод, що перебувають у штабелі (V_{Π}), визначається методами поштучного вимірів і визначення об'єму круглих лісоматеріалів. Коефіцієнт повнодеревини визначають по формулі

$$K_{\Pi} = V_{\Pi} / V_C.$$

Порядок виконання роботи. Відповідно до варіанта по табл. 4 вибираються й виписуються вихідні данні для розрахунків:

- ✓ діаметр круглого лісоматеріалу (колоди) D_K , см;
- ✓ довжина колоди L_K , м;
- ✓ кількість колод по довжині основи штабеля N_{LO} , од.;
- ✓ кількість колод по верхньому ряді довжини штабеля N_{LB} , од.;
- ✓ кількість колод по висоті штабеля N_H , од.

Таблиця 4

Варіант	D_K , см	L_K , м	Колод у штабелі			Варіант	D_K , см	L_K , м	Колод у штабелі		
			N_{LO}	N_{LB}	N_H				N_{LO}	N_{LB}	N_H
1	10	0,9	30	20	5	17	36	2,0	46	30	9
2	12	1,4	31	20	6	18	37	3,0	47	30	10
3	14	2,0	32	20	7	19	38	4,0	48	31	5
4	16	3,0	33	21	8	20	39	5,0	49	31	6
5	18	4,0	34	21	9	21	40	6,0	50	31	7
6	20	5,0	35	21	10	22	41	0,9	51	32	8
7	22	6,0	36	22	5	23	42	1,4	52	32	9
8	24	0,9	37	22	6	24	43	2,0	53	32	10
9	26	1,4	38	22	7	25	44	3,0	54	33	5
10	28	2,0	39	23	8	26	10	4,0	55	33	6
11	30	3,0	40	23	9	27	12	5,0	56	33	7
12	31	4,0	41	23	10	28	14	6,0	57	34	8
13	32	5,0	42	24	5	29	16	2,0	58	34	9
14	33	6,0	43	24	6	30	18	3,0	59	34	10
15	34	0,9	44	24	7	31	20	2,0	60	32	5
16	35	1,4	45	30	8	32	22	3,0	61	32	6

* У роботі приймається, що всі круглі лісоматеріали (колоди) партії в штабелях на землі (на складі) й у транспортних засобах мають однакові розміри й перевозяться з корою. Колоди непарних варіантів – хвойних порід, а парних – листяних. До хвойних порід відносяться: ялина, ялиця, сосна й модрина, а до листяних – береза й осика.

Розрахунки проводяться окремо: спочатку для штабелів на землі (на ґрунті, на складі), а потім – у транспортних засобах (залізничних вагонах, автомобілях).

➤ Визначаємо розміри штабеля на землі.

Ширина штабеля визначається довжиною колоди (L_K), тобто $B = L_K$.

Так як в даній роботі прийнято, що діаметр колод по їх довжині однаковий, то довжини штабеля уздовж торцевої передньої й задньої сторони збігаються, тоді

$$L_1 = L_1' = D_K \cdot N_{LO};$$

$$L_2 = L_2' = D_K \cdot N_{LB}.$$

По формулі 2 визначаємо довжину штабеля L .

Висота штабеля визначається з вираження

$$H = D_K \cdot N_H.$$

По формулі 1 визначаємо складувальний об'єм штабеля колод V_C , м³.

По табл. 1 і 2, залежно від довжини (L_K) і породи колод, визначаємо й виписуємо коефіцієнт повнодеревини K_{Π} , після чого по формулі 5 розраховуємо «щільний» (без порожнин) об'єм штабеля V_{Π} , м³.

➤ Далі визначаємо об'єми штабелів у транспортних засобах – у піввагоні з «шапкою» і без, автомобільному напівпричепі.

Для розрахунків у роботі використовуються наступні транспортні засоби:

– 4-вісний металевий піввагон із внутрішніми розмірами: довжиною $L_B = 12,228$ м; шириною $B_B = 2,964$ м; висотою $H_B = 2,315$ м. Висота від рівня головок рейки до рівня підлоги $H_{\Pi} = 1,423$ м;

– автомобільний напівпричіп фургонного типу внутрішніми розмірами; довжиною $L_A = 12,15$ м; шириною $B_A = 2,43$ м; висотою $H_A = 2,34$ м.

Виходячи з габариту залізничного рухомого складу, максимальна (габаритна) висота завантаженого вагона від рівня головок рейки: без «шапки» (H_{Γ}) – 4,375 м; з «шапкою» ($H_{\Gamma\Pi}$) – 4,85 м.

Довжина штабеля в транспортному засобі (L) визначається довжиною колод (L_K) і їхньою кількістю, яку можна помістити по довжині (n_L)

$$L = L_K \cdot n_L;$$

$$n_L = [L_T / L_K],$$

де L_T – довжина відповідного транспортного засобу (піввагона (L_B) або напівпричепи (L_A)), м;

n_L – кількість колод по довжині транспортного засобу, од. Значення n_L – ціла частина результату ділення.

Ширина штабеля в транспортному засобі (B) визначається його внутрішньою шириною (піввагона або напівпричепи) (рис. 2,б), тобто $B = B_B$ або $B = B_A$.

Виключення становить штабель у піввагоні без «шапки» (рис. 2,а), при формуванні якого використовуються стояки. У цьому випадку ширина визначається по формулі

$$B = B_B - 2 \cdot b_C,$$

де b_C – ширина (діаметр) стояка. У роботі приймаємо $b_C = 10$ см.

Висота штабеля в транспортному засобі визначається його внутрішньою висотою (піввагона або напівпричепи) і особливостями формування штабелів круглих лісоматеріалів у них.

Середня висота прямокутної частини штабеля (H_{CP}) визначається з виразу

$$H_{CP} = D_K \cdot n_H;$$

$$n_H = H_{MAX} / D_K,$$

де H_{MAX} – максимальна висота в завантаженому транспортному засобі, м.

n_H – кількість колод по висоті транспортного засобу, од.

Для піввагона з «шапкою» $H_{MAX} = H_B$, для напівпричепи $H_{MAX} = H_A$. Для піввагона без «шапки» H_{MAX} визначається з виразу

$$H_{MAX} = H_{\Gamma} - H_{\Pi}.$$

Значення n_H – ціла частина результату ділення для напівпричепа, а для піввагона – округляється до цілого числа за правилом арифметики. Тобто, якщо дробова частина менше 0,5 – до найближчого меншого, а якщо дорівнює або більше 0,5 – до найближчого більшого.

Висота штабеля в транспортному засобі для напівпричепа й піввагона без «шапки» дорівнює H_{CP} . Для них по формулі 4 визначаємо складувальний об'єм штабеля колод V_C , м³.

Далі для піввагона з «шапкою» визначається середня висота звуженої частини штабеля «шапки» (h_{CP})

$$h_{CP} = D_K \cdot n_{III};$$

$$n_{III} = (H_{ГШ} - H_{CP}) / D_K,$$

де n_{III} – кількість колод по висоті «шапки», од. Значення n_{III} – ціла частина результату ділення (поділу).

По формулі 3 визначаємо складувальний об'єм штабеля колод для піввагона з «шапкою» V_C , м³.

По табл. 3 або 1, залежно від довжини (L_K) і діаметра (D_K) або породи колод, визначаємо й виписуємо коефіцієнт повнодеревини K_{II} , після чого по формулі 5 розраховуємо «щільний» об'єм штабеля V_{II} , м³.

Розрахунок висота штабеля в транспортному засобі, V_C і V_{II} можна групувати по їхніх видах (напівпричіп, піввагон з «шапкою» та без).

Практична робота № 12. Формування штабелів генеральних вантажів

Мета роботи – одержання студентами знань і практичних навичок по формуванню штабелів генеральних вантажів на складах. У даній роботі студенти повинні ознайомитися з методикою формування штабелів на складі й побудувати схему штабеля основних видів генеральних вантажів.

Загальні вказівки. Генеральні вантажі складають у портах на відкритих площадках і в критих (покритих) складах у вигляді штабелів різних форм і розмірів. Форма штабеля залежить від того, у якому виді надходить вантаж (поштучно або в пакетах), міцності тари, фізико-хімічних властивостей вантажів, правил ТБ, ПТМ, які використовують при їх формуванні й ін.

Вантажі в штабелі укладають щільно без порожнеч. При невеликій висоті штабеля (до 2 м) його ширина може бути однаковою по всій довжині й висоті. Якщо ж висота перевищує 2 м, то для стійкості штабелів роблять з уступами. Останнім часом, з появою нових типів навантажувачів з більшою висотою підйому вил, з метою більше раціонального використання складських площ, висота штабелювання вантажів збільшилася. У зв'язку із цим встало питання про забезпечення стійкості таких штабелів. Найбільш просте і, яке зустрічається частіше, рішення цієї проблеми є утворення уступів при формуванні штабеля. Вид і розміри уступу визначаються ПТМ (навантажувач або кран), наявністю на штабелі людей, стійкістю окремих ВМ й ін. У більшості випадків утворення уступів у штабелях пов'язане із правилами ТБ.

Розглянемо далі більш докладно особливості формування штабелів основ-

них видів генеральних вантажів, що описується в [22, 24, 28, 29, 30] та в відповідних нормативних документах щодо типових способів і прийомів ЗРР при складуванні вантажів.

▲ Складування вантажів у пакетах на піддонах розміром 1200×1600 мм і 1200×1800 мм.

Вантажі в пакетах на піддонах розміром 1200×1600 мм і 1200×1800 мм штабелюють висотою від двох до п'яти ярусів залежно від роду вантажу, способу формування пакета, стійкості вантажу в пакеті й штабеля, міцності тари.

Штабелі вантажів формуються навантажувачами з вилючними вантажозахватним пристроєм (ВЗП) так, що через кожні три пакети по висоті створювалися уступи шириною в один пакет зі сторін напрямку штабелювання й у півпакета із двох інших його сторін.

Трьох-рядний штабель висотою в п'ять ярусів формується в наступній послідовності:

- перший пакет встановлюється довгою стороною у обмежувальній (габаритній) лінії;
- впритул до нього бічною стороною ставляться другий і третій пакети, утворюючи поперечний ряд першого ярусу штабеля;
- на нього ставляться без зсуву відносно нижніх пакетів пакети другого й третього ярусів, утворюючи поперечний ряд штабеля;
- потім впритул до пакетів першого поперечного ряду першого ярусу ставляться пакети другого поперечного ряду першого, другого й третього ярусів;
- на пакети третього ярусу зі зсувом у півпакета ставляться пакети четвертого ярусу, а на них – пакети п'ятого ярусу, утворюючи другий поперечний ряд;
- впритул до сформованої частини штабеля ставляться пакети третього поперечного ряду на повну висоту штабеля (п'ять ярусів) і четвертого поперечного ряду;
- пакети п'ятого (останнього) поперечного ряду укладаються в три яруси, створюючи тим самим стійкий штабель вантажів.

▲ Складування вантажів у стійких пакетах на одноразових піддонах і в пакетуючих стропах (строп-контейнерах).

Вантажі в пакетах на одноразових піддонах і в пакетуючих стропах штабелюють висотою два або три яруси й шириною не менш ніж у два пакети.

Штабелі вантажів у пакетах на одноразових піддонах формуються навантажувачами з вилючними ВЗП, а вантажів у пакетуючих стропах – навантажувачами з різними ВЗП або зі стрілою й підвіскою з гаком таким чином, щоб через два пакети по висоті робити уступи шириною в один пакет зі сторін напрямку штабелювання й у півпакета із двох інших його сторін.

Чотирирядний штабель формується в наступній послідовності:

- спочатку встановлюються послідовно впритул друг до друга чотири пакети першого поперечного ряду;
- на них установлюються пакети другого ярусу;
- впритул до пакетів першого поперечного ряду встановлюються пакети другого поперечного ряду;
- перший і другий ярус по чотирьох пакета, третій ярус – по трьох пакета зі

зсувом на півпакета;

- так само встановлюються пакети третіх і четвертого поперечних рядів;
- останній поперечний ряд пакетів формується так само, як і перший ряд, у два яруси по висоті.

▲ Складування вантажів у нестійких пакетах на одноразових піддонах і в пакетуючих стропах.

При формуванні штабелів з нестійких пакетів між ярусами укладається сепарація (прокладки). У цьому випадку передбачається наступна послідовність формування штабеля:

- після укладання пакетів першого поперечного ряду першого ярусу, на верхню площину пакетів укладається прокладка для створення стійкості першого й наступного ярусів. Довжина прокладки повинна бути рівній всій довжині поперечного ряду (із чотирьох пакетів) або бути більше, ніж довжина двох пакетів; у першому випадку на прокладку укладається другий ярус пакетів, а в другому укладається прокладка (впритул до торців уже покладених) так, щоб вона перекрила довжину, що залишилася, двох інших пакетів, а потім укладаються пакети другого ярусу;

- аналогічно укладається сепарація між пакетами першого й другого ярусів у всіх поперечних рядах;

- при необхідності на верхню площину другого ярусу укладається сепарація під третій ярус.

▲ Складування вантажів у твердопресованих кипах (стосах) краном.

Вантажі у твердопресованих (сильно-спресованих) стосах укладаються в штабель у вигляді усіченої піраміди краном, оснащеним підвіскою з комплектом ВЗП, у такий спосіб:

- спочатку формується перший ярус, що складається по висоті із трьох або чотирьох горизонтальних рядів стосів (кип) загальною висотою не більше 1,5 м; стоси укладаються «підйомами» в одному напрямку;

- перед формуванням другого ярусу на верхній горизонтальний ряд стосів першого ярусу укладається сепарація, на яку потім укладаються «підйоми» ВМ другого ярусу;

- по периметру штабеля першого ярусу залишається уступ шириною півтори кипи й так само, як і перший ярус, укладається другий ярус стосів;

- висота другого ярусу повинна бути рівній висоті першого ярусу;

- третій ярус формується відповідно до другого з уступом у півтори стосів.

▲ Складування вантажів у твердопресованих стосах навантажувачем з бічними ВЗП здійснюється в такий спосіб:

- спочатку встановлюється перший «підйом» першого вертикального ряду (стопки), на нього без зсуву другий (третій) «підйом» з урахуванням висоти ряду в шість стосів;

- поруч із ним (на одній лінії) устанавлюються «підйоми другого й наступного вертикального рядів (стопок) до необхідної ширини (довжини) штабеля, при цьому відстань між стопками залежить від товщини ВЗП і не повинне перевищувати 500 мм;

- потім впритул до вже встановлених стосів у такій же послідовності на ви-

соту до восьми стосів устанавлюється другий поперечний ряд стопок;

– так само встановлюються всі наступні поперечні ряди штабеля, за винятком останнього, висота якого повинна бути рівній висоті першого – шість стосів.

▲ Складування вантажів у слабкопресованих кипах (стосах) краном.

Вантажі в слабкопресованих (слабко-спресованих) стосах укладаються кранами в штабелі у вигляді усіченої піраміди в такий спосіб:

– спочатку впритул друг до друга укладаються стоси нижнього горизонтального ряду по всій площі підстави штабеля;

– на перший ряд укладаються одна на іншу без зсуву стосу другого горизонтального ряду або другий ряд укладається «кліткою» («в перев'язку»);

– на верхню площину першого ярусу укладається сепарація, на якій аналогічно формується другий, а потім і третій ярус штабеля;

– стоси другого й третього ярусів устанавлюються таким чином, щоб по периметрі штабеля був уступ шириною в півстосу, висота ярусів – два стоси.

▲ Складування катно-бочкових вантажів у положенні «на торець» (вертикально).

Вантажі в бочках, що перевантажуються в положенні «на торець» розташовуються в штабелі у вигляді усіченої піраміди краном, оснащеним підвіскою з комплектом ВЗП, у такий спосіб:

– спочатку впритул друг до друга ставляться бочки нижнього ярусу;

– на бочки нижнього ярусу з уступами в одну бочку по периметру штабеля встановлюється другий ярус бочок, без зсуву відносно шару, який лежить нижче (при відсутності сепарації);

– точно так само формуються всі наступні яруси (шари).

▲ Складування катно-бочкових вантажів краном у положенні «на утворюючу» (горизонтально) із прокладками між ярусами здійснюється в такий спосіб:

– спочатку укладається перший «підйом», від якого формується штабель як по довжині, так і по ширині;

– перед подачею другого «підйому» дві крайні з боку проїзду або границі складу бочки надійно підклинюють;

– впритул до першого укладається другий «підйом» таким чином, щоб бочки стикувалися по утворюючих або торцями;

– при стику по утворюючої «підйоми» укладаються по всій довжині або ширині штабеля й в останньому «підйомі» передостанні й останні до проїзду бочки надійно підклинюють по утворюючій;

– при стику торцями крайні бочки, а також другі від краю бочки в кожному «підйомі» підклинюють по всій довжині або ширині складу, а надалі укладання «підйомів» здійснюються в тім же порядку без підклинювання бочок до останнього ряду «підйомів», у якому крайні бочки з боку проїзду й передостанні бочки також підклинюють;

– на перший ярус бочок укладається сепарація (прокладки) і на ній так само, як і перший ярус, формується другий ярус, але з уступом в одну бочку із двох протилежних бічних сторін штабеля; штабель має форму усіченої піраміди.

▲ Складування катно-бочкових вантажів краном у положенні «на утворюючу» (горизонтально) без прокладок між ярусами здійснюється в такий спосіб:

- порядок укладення бочок першого ярусу аналогічний зазначеному для катно-бочкових вантажів які штабелюють краном у положенні «на утворюючу» із прокладками між ярусами;

- бочки другого ярусу укладаються в поглиблення («сідловину») між сусідніми бочками першого ярусу;

- як і другий ярус, формуються наступні яруси бочок; штабель має форму усіченої піраміди.

▲ Складування катно-бочкових вантажів «на утворюючу», які штабелюють навантажувачами.

Вантажі в бочках, що перевантажуються в положенні «на утворюючу», укладаються в штабелі навантажувачами, оснащеними захватами з великою кількістю вил (штирів) у такий спосіб:

- перший «підйом» укладається на покриття складу (або на сепарацію); крайні й передостанні бочки (з боку границі складу) підclinюють;

- на нижній ярус «підйомів» по всій ширині (довжині) штабеля й у поглиблення між бочками ярусу який лежить нижче, укладаються «підйоми» наступного ярусу по висоті;

- впритул до першого вертикального ряду бочок у тім же порядку укладаються бочки другого й наступних вертикальних рядів; штабель має форму усіченої піраміди.

▲ Складування рулонів паперу в положенні «на торець» навантажувачами.

Рулони паперу, які перевантажуються в положенні «на торець», встановлюються в штабелі навантажувачами з бічними ВЗП в такий спосіб:

- на підготовлене покриття складу (застелене аркушами паперу, картону або іншими матеріалами для сепарації) ставиться перший «підйом» з декількох рулонів (залежно від типу ВЗП); на нього без зсуву встановлюються наступні «підйоми» до необхідної висоти;

- поруч у напрямку, перпендикулярному руху навантажувача, встановлюється наступна стопка «підйомів»; відстань між стопками залежить від товщини хватних органів навантажувача й, як правило, не перевищує 500 мм;

- другий і наступні поперечні ряди штабеля формуються, як і перший ряд; висота крайніх з торців стопок штабеля на один рулон нижче.

▲ Складування вантажів у ящиках масою понад 100 кг краном способом прямої кладки здійснюється в такий спосіб:

- шарами (ярусами) або стопками встановлюються ящики першого ярусу на висоту до 2 м;

- другий ярус штабеля встановлюється так само, як і перший, з таким розрахунком, щоб по периметрі штабеля був уступ не менш 1,5 м;

- третій ярус встановлюється, як і другий; при формуванні штабеля після кожного ярусу під ящики укладаються прокладки.

▲ Складування вантажів у ящиках масою понад 100 кг краном «кліткою» здійснюється в такий спосіб:

- укладаються ящики першого ряду;

- на них «в перев'язку» укладається другий ряд ящиків;

- відповідно до першому і другому укладаються всі наступні ряди у всіх

ярусах;

– після кожного ярусу під ящики укладаються прокладки.

Висота кожного ярусу 2 м, а по периметру повинен бути залишений уступ шириною 1,5 м.

▲ Складування вантажів у ящиках масою понад 100 кг навантажувачем.

Вантажі в ящиках масою понад 100 кг штабелюють навантажувачами з вилочними ВЗП рівними рядами, шириною не менш двох ящиків, висотою від одного до чотирьох ярусів;

– кожний наступний ярус устанавлюється на лежачий нижче з уступом із двох бічних сторін на половину ширини ящика;

– при складуванні ящиків без полозків, між ярусами й під нижній ярус укладаються прокладки.

▲ Складування кольорових металів у пакетах без піддонів навантажувачем.

Штабелі вантажів з кольорових металів у пакетах без піддонів формуються за допомогою навантажувачів з бічними й вилочними ВЗП рівними рядами, не менш ніж у два пакети по ширині, три або чотири по висоті, у такий спосіб:

– устанавлюється перша стопка «підйому» на висоту від двох до чотирьох пакетів;

– поруч із цією стопкою встановлюється друга з мінімально можливим розривом (при роботі навантажувачів з бічними ВЗП) або впритул (при роботі навантажувачів з вилочними ВЗП) і т. д. на всю ширину першого поперечного ряду штабеля;

– впритул до першого ряду також на висоту від двох до чотирьох пакетів, встановлюється другий поперечний ряд;

– так само формуються наступні поперечні ряди.

▲ Складування дроту в бухтах (колах) навантажувачем.

Штабелі вантажів із дроту в бухтах (колах) формуються за допомогою навантажувачів з вилочними (штировими) ВЗП в такий спосіб:

– устанавлюються спеціальні упори або створюються упори з того ж вантажу, покладеного на піддони;

– впритул до упорів (з деяким нахилом) ставиться перший «підйом» на утворюючу; із зовнішньої сторони цей «підйом» підклинюють;

– впритул до першого «підйому» і до упору ставляться наступні «підйоми»; бухти (кола) останнього «підйому» із зовнішньої сторони також підклинюють;

– на нижній ряд «підйомів» устанавлюється другий вертикальний ряд таким чином, щоб бухти (кола) потрапили в поглиблення між сусідніми бухтами (колами) ярусу який лежить нижче;

– впритул до сформованої частини штабеля в такій же послідовності встановлюється наступна група «підйомів» і т. д. на визначену довжину штабеля.

▲ Складування металу в пачках з полозками, краном способом прямої кладки здійснюється в такий спосіб:

– перший «підйом» укладається на покриття (підлогу) складу;

– на перший «підйом» без зсуву укладається наступний і т. д.;

– до сформованої стопки пачок на всю ширину штабеля укладаються наступні стопки таким чином, щоб при подальшому розформуванні штабеля було мож-

ливо завести між вантажем стропи або ВЗП;

– до першого поперечного ряду, точно так само, укладаються «підйоми» наступних рядів.

При формуванні штабеля з металу в пачках без полозків під нижній ярус і між ярусами «підйому» укладаються прокладки.

▲ Складування металу в пачках без полозків краном «кліткою» здійснюється в такий спосіб:

- перший «підйом» укладається на прокладки, покладені на покриття;
- другий «підйом» укладається перпендикулярно першому так, щоб кінці пачок виходили за межі нижнього «підйому» симетрично;
- третій «підйом» укладається як і перший (крім прокладок), і т. д.;
- після укладання першої стопки «підйомів» формується друга стопка й наступні.

▲ Складування товстолистової сталі краном способом прямої кладки здійснюється в такий спосіб:

- формується перша стопка «підйомів», між якими укладаються прокладки, кількість і розміщення яких залежить від довжини листів і їхньої характеристики;
- потім формуються наступні стопки «підйомів», при цьому відстань між сусідніми стопками визначається виходячи з умови можливості стропування вантажів при розформуванні штабелів.

▲ Складування товстолистової сталі краном «кліткою» здійснюється в такий спосіб:

- на прокладки укладаються поруч декілька «підйомів»;
- на них у поперечному напрямку укладаються наступні «підйоми» і т. д. до повної висоти штабеля.

▲ Складування сортового металу й труб у зв'язуванні, краном способом прямої кладки із прокладками здійснюється в такий спосіб:

- на прокладки укладаються в поперечному напрямку «підйоми» першого ярусу на такій відстані друг від друга, щоб була забезпечена можливість їхнього стропування при розформуванні штабеля;
- уздовж «підйомів» першого ярусу укладаються прокладки, на які укладаються «підйоми» другого ярусу, і т. д.;
- при висоті штабеля більше 3 м із двох сторін штабеля передбачається уступ шириною 1,3 м;
- далі «підйоми» у штабель укладаються аналогічно викладеному вище.

▲ Складування труб діаметром до 200 мм краном способом прямої кладки без прокладок здійснюється в такий спосіб:

- формується перший ярус труб і крайні труби з однієї й іншої сторони штабеля уздовж утворюючої надійно підклинюють;
- на нижній ярус у поглиблення між сусідніми трубами («сідловину») укладаються труби наступного ярусу й т. д. до необхідної висоти штабеля.

▲ Складування труб діаметром до 200 мм краном способом прямої кладки із прокладками здійснюється в такий спосіб:

- на прокладки укладається, як при способі прямої кладки без прокладок, перший ярус труб;

– на нього укладаються прокладки й на них – наступний ярус із уступом на одну трубу із двох сторін штабеля; крайні труби другого ярусу уздовж утворюючих надійно підклинаються;

– наступні яруси труб укладаються, як другий.

▲ Складування металевих труб діаметром від 201 мм до 1000 мм краном здійснюється в такий спосіб:

– спочатку на місці складування труб (у границях штабеля) встановлюються надійні упори;

– перший «підйом» труб укладається на прокладки впритул до упорів і три крайні труби скріплюються між собою дротом, тросами або струбцинами;

– точно так само укладається останній «підйом» нижнього ярусу, три труби якого, найближчі до упорів, скріплюються;

– труби всіх верхніх ярусів укладаються в поглиблення між сусідніми трубами ярусів які лежать нижче.

▲ Складування металевих труб діаметром від 1001 мм до 1420 мм краном з автоматичними ВЗП здійснюється в такий спосіб:

– встановлюють надійні упори по трьох з кожної сторони штабеля: один у середній частині труби, два на відстані 1 м від торців труби;

– на місці складування на покриття укладаються підкладки з дошок товщиною 40 мм із розрахунку не менш трьох по довжині труби; на підкладки попередньо прибиваються клини, між якими повинне бути відстань:

400 мм для труб діаметром до 1020 мм,

450 мм – для труб діаметром – 1220 мм,

500 мм – для труб діаметром – 1420 мм;

– кількість (крок) клинів по ширині штабеля залежить від характеристики труб і висоти штабеля, але в будь якому випадку, кожні три труби нижнього ярусу повинні бути підклинено;

– впритул до упорів укладається перша труба, а поруч встановлюються всі труби нижнього ярусу (при необхідності упори, встановлені з боку штабелі, протилежної напрямку укладання, повинні бути посунити (розташовані більш близько) до моменту щільного прилягання до крайньої труби);

– перед складуванням труб другого й наступного ярусів – по п'яти труб нижнього ярусу з кожної сторони штабеля, повинні бути зв'язані: перші три труби кріпляться між собою тросами діаметром до 24 мм в 2 нитці; третіми й п'ята – тросами в 3 нитці; натяг троса здійснюється талрепом;

– формування другого й наступного ярусів штабелів здійснюється послідовно, починаючи із середини до упорів;

– труби другого ярусу укладаються в поглиблення між трубами нижнього ярусу починаючи із «сідловини» між першою й другою трубами;

– труби третього ярусу укладаються зі зсувом в одну трубу до центра штабеля;

– надалі парні ряди укладаються так само, як і другий, непарні – як третій.

▲ Складування лісу круглого довжиною від 1 м до 3 м у пакетах краном із прокладками між ярусами здійснюється в такий спосіб:

– на прокладки укладаються впритул друг до друга пакети лісу по всій пло-

щі штабеля (висота ярусу – один пакет);

– на перший ярус пакетів укладаються прокладки й установлюється другий ярус пакетів з урахуванням утворення уступу по периметрі шириною 1,3 м;

– наступні яруси встановлюються, як другий.

▲ Складування лісу круглого довжиною від 1 м до 3 м у пакетах краном з укладанням у поглиблення між пакетами здійснюється в такий спосіб:

– на покриття складу або на прокладки укладаються пакети першого ярусу впритул друг до друга;

– на перший ярус у поглиблення між пакетами першого ярусу укладаються пакети другого ярусу, при цьому по всьому периметру повинен бути передбачений уступ шириною не менш 1,3 м; так само як другий, укладаються пакети наступних ярусів.

▲ Складування лісу круглого довжиною більше 3 м у пакетах краном з укладанням «кліткою» з висотою ярусу 1 м здійснюється в такий спосіб:

– по всій площі штабеля укладаються пакети першого ярусу;

– пакети кожного наступного ярусу розташовуються перпендикулярно пакетам кожного ярусу який лежить нижче, при цьому через кожні два яруси по всьому периметру штабеля робиться уступ не менш 1,5 м.

▲ Складування пиломатеріалів у пакетах краном здійснюється в так:

– по всій площі штабеля укладаються «підйоми» першого ярусу, який складається із трьох (по висоті) горизонтальних рядів; висота ярусу – до 3 м;

– другий ярус «підйомів» укладається з уступом по периметру в 1,5 м.

Порядок виконання роботи. Відповідно до раніше наведених описів, визначається зовнішній вигляд штабелів поштучних вантажів і приводиться їхня просторова схема. У протоколі схема відображається в ізометрії або декількома видами (праворуч, ліворуч, зверху й ін.). Наведена кількість видів повинно повністю відображати схему штабеля. На схемах повинні бути зазначені необхідні розміри й позначення, що пояснюють схему штабеля.

Схеми будуються для всіх раніше описаних штабелів вантажів сформованих краном і навантажувачем, з використанням сепарації й без її, різних способів укладання й т. д.

Перелік літератури

1. Вантажні перевезення. Управління вантажною і комерційною роботою: Підручник / С.В. Панченко, А.О. Каграманян, В.С. Блиндюк та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – Ч. 1. – 476 с.

2. Горяїнов О.М. Транспортні технології і логістика. Книга 1. Теорія і практика дисципліни «Вантажні перевезення» (для транспортних технологів): Підручник. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – 490 с.

3. Горяїнов О.М. Транспортні технології і логістика. Книга 2. Теорія і практика дисципліни «Логістика» (для транспортних технологів): Підручник. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – 432 с.

4. Горяїнов О.М. Транспортні технології і логістика. Книга 3. Теорія і практика дисципліни «Управління ланцюгом постачань» (для транспортних технологів): Навчальний посібник. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2013. – 301 с.

5. ДБН В.2.2-42:2021 Державні будівельні норми України. Будинки і споруди. Споруди холодильників. Основи проектування. URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_2-42-2021.pdf
6. ДБН В.2.2-43:2021 Державні будівельні норми України. Будинки і споруди. Складські будівлі. Основні положення. URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2022/08/DBN-V_2_2-43-2021.pdf
7. ДБН В.2.2-8-98 Державні будівельні норми України. Будинки і споруди. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна. URL: <https://mtu.gov.ua/files/6.1%20ДБН%20В.2.2-8-98.%20Підприємства,%20будівлі%20і%20споруди%20по.pdf>
8. ДСТУ 2986-95 Крани вантажопідіймальні. Терміни та визначення основних понять. URL: https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU1/dstu_2986-95.pdf
9. Заборська Н. К. Основи логістики: навчальний посібник / Н. К. Заборська, Л. Е. Жуковська – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2011. – 216 с.
10. Логістика: Підручник/ В.М. Марченко, В.В. Шутюк. – К.: Видавничий дім «Артек», 2018. – 312 с.
11. Макушев П.А. Портові системи: Навч. посібник. – Одеса: ОНМУ, 2015. – 143 с.
12. Малаксіано О. А. Технологія вантажних робіт. Методичні вказівки та індивідуальні завдання до практичних занять. Одеса: ОНМУ, 2011. – 173 с.
13. Організація виконання вантажних і складських операцій: Навч. посібник / О.В. Лаврухін, Д.В. Ломотько, Є.С. Альошинський та ін.; за заг. ред. С.В. Панченка. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 181 с.
14. Проектування транспортно-технологічних систем вантажних перевезень: навч. посібник / Мороз М. М., Загорянський В. Г. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2021. 205 с.
15. Самойчук К.О., Скляр О.Г., Кюрчев С.В., Буденко С.Ф., Верхоланцева В.О., Паляничка Н.О., Тарасенко В.Г., Циб В.Г. Загорко Н.П., Кюрчева Л.М., Гапріндашвілі Н.А. Обладнання складів для зберігання плодоовочевої та м'ясомолочної продукції. Навчальний посібник. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2019. 186 с.
16. Сучасні транспортні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник для бакалаврату. Частина I / Загорянський В. Г., Загорянська О. Л. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2024. 462 с.
17. Технічний регламент України. Технічний регламент зернового складу. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0835-04#Text>
18. Тихонін В. І. Вантажознавство (продовольчі вантажі: біологічні процеси і впливи). Навчальний посібник. – Одеса: «Магістр», 2019. – 160 с.
19. Тихонін В. І. Вантажознавство. Конспект лекцій. – Одеса: «Магістр», 2017. – 136 с.
20. Тихонін В. І. Організація портових операцій. Конспект лекцій. – Одеса: «Магістр», 2016. – 80 с.
21. Тихонін В. І. Організація портової діяльності. Конспект лекцій.– Одеса:

«Магістр», 2016. – 68 с.

22. Тихонін В. І. Зберігання вантажів у портових складах. Методичні вказівки до розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Управління термінальними і транспортно-складськими системами (внутрішньопортова і складська логістика)». – Одеса: «Магістр», 2023. – 32 с.

23. Тихонін В. І., Макаренко О.Є. Організація портових операцій. Методичні вказівки, інструкції та завдання до лабораторних та практичних занять. – Одеса: «Магістр», 2016. – 80 с.

24. Тихонін В. І., Ромах В. Л. Збереження вантажів при транспортуванні. Методичні вказівки до курсової роботи по дисципліні «Вантажознавство». – Одеса: ОНМУ, 2010. – 56 с.

25. Тихонін В. І. Вантажознавство. Методичні вказівки, інструкції та завдання до лабораторних і практичних занять. – Одеса: «Магістр», 2016. – 82 с.

26. Тихонін В.І. Вантажознавство. Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2016. – 236 с.

27. Тихонін В. І. Драфт-сюрвей. Методичні вказівки до розрахунково-графічного завдання з дисципліни «Організація портових операцій». – Одеса: «Магістр», 2016. – 23 с.

28. Тихонін В. І. Розробка технологічної карти перевантаження вантажу. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Вантажознавство і технологія вантажних операцій». – Одеса: «Магістр», 2017. – 64 с.

29. Тихонін В. І. Вантажознавство і технологія вантажних операцій. Методичні вказівки, інструкції та завдання до практичних занять. – Одеса: «Магістр», 2017. – 68 с.

30. Тихонін В. І. Вантажознавство і технологія вантажних операцій. Конспект лекцій. – Одеса: «Магістр», 2017. – 156 с.

31. Турченко М.О., Кірічок О.Г., Швець М.Д., Кристопчук М.Є. Проектування транспортно-складських комплексів: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2014. – 190 с.

Підписано до друку 11.05.2026. Формат 60x84/16.

Папір офсетний: Друк різнографічний. Обс.-вид.арк. 5,38

Тираж 4 прим. Зам. № 1354.

Віддруковано в копіривальному центрі «Магістр»

м. Одеса, вул. Мечнікова, 36

тел.: 32-19-82

Свідоцтво про реєстрацію № 2670316784 від 16.02.2000 р.