

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання практичних робіт

з освітнього компонента

«ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ»

для здобувачів вищої освіти спеціальності

І7 «Залізничний транспорт» денної форми здобуття освіти

Харків 2026

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри управління вантажною і комерційною роботою 27 квітня 2026 р., протокол № 10.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти спеціальності J7 «Залізничний транспорт» денної форми здобуття освіти.

Укладачі:

доценти О. О. Шапатіна,
Я. В. Запара

Рецензент

доц. О. Е. Шандер

ЗМІСТ

Вступ	4
Практичне заняття 1. Визначення характеристик вантажів промислових підприємств	5
Практичне заняття 2. Визначення продуктивності транспортних засобів промислових підприємств	11
Практичне заняття 3. Визначення показників надійності	18
Практичне заняття 4. Розрахунок основних матеріальних потоків прокатних цехів	23
Практичне заняття 5. Визначення сили тяги для переміщення вантажів	28
Практичне заняття 6. Експлуатаційні розрахунки засобів скребкового конвеєрного транспорту	35
Практичне заняття 7. Експлуатаційні розрахунки засобів стрічкового конвеєрного транспорту	42
Практичне заняття 8. Експлуатаційні розрахунки засобів гравітаційного транспорту	49
Список літератури	54

ВСТУП

Промисловий транспорт є важливою складовою транспортної системи підприємств і відіграє головну роль у забезпеченні безперервності виробничих процесів. Ефективна організація його роботи сприяє підвищенню продуктивності підприємств, зниженню витрат на перевезення та оптимізації логістичних процесів. У сучасних умовах господарювання особливого значення набуває раціональне використання транспортних засобів і впровадження ефективних технологій перевезення вантажів.

Промисловий транспорт забезпечує виконання значних обсягів вантажних перевезень, обслуговуючи всі стадії виробництва – від постачання сировини до відвантаження готової продукції. Його ефективність значною мірою залежить від правильного вибору транспортних засобів, організації їхньої роботи, а також обґрунтованих експлуатаційних розрахунків і аналізу умов перевезень.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми освітнього компонента «Організація роботи промислового транспорту». Вони містять систематизоване викладення практичних завдань, що охоплюють визначення характеристик вантажів промислових підприємств, класифікацію та критерії оцінювання транспортних засобів, розрахунок їхньої продуктивності, вибір оптимальних параметрів, а також виконання експлуатаційних розрахунків засобів гравітаційного, конвеєрного та канатного транспорту. Особливу увагу приділено питанням підвищення ефективності використання транспортних засобів у процесі перевезення різних видів вантажів.

Методичні вказівки призначені для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності J7 «Залізничний транспорт» і можуть бути використані під час підготовки до практичних занять і самостійної роботи.

Практична робота 1
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВАНТАЖІВ
ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1 Вихідні дані

Вихідні дані наведено в таблицях 1.1-1.4.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для визначення розмірів кусків і граничних розмірів кускуватості на стрічковому конвеєрі

Розміри класів, мм	Маса кожного класу, кг (за варіантами)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
150-141	20	3	35	-	32	-	25	10	8	10
140-130	30	2	45	25	28	42	59	17	23	-
129-100	50	10	50	13	-	2	32	8	14	40
99-50	20	100	-	2	15	-	56	10	-	50
49-1	5	20	-	-	25	-	18	2	-	-
Ширина стрічки B_{min} , мм	650	900	800	875	1000	850	1200	700	1100	725

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для визначення маси і ваги вантажу на ділянці горизонтального конвеєра

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Довжина ділянки l , м	70	80	90	110	85	120	140	135	130	150
Форма жолоба	1	2	3	4	1	2	3	4	2	4
Розміри жолоба, м	0,25	0,45	0,3 і 0,5	$h=0,3$ 0,5 і 0,7	0,2	0,4	0,2 і 0,5	$h=0,25$ 0,4 і 0,6	0,35	$h=0,2$ 0,5 і 0,3
Коефіцієнт заповнення перерізу жолоба ψ	0,7	0,9	0,7	1	0,6	1,1	1,2	1	0,8	0,7
Щільність сухого вантажу ρ_c , т/м ³	0,85	1,5	1,0	0,85	1,5	1,5	1,0	0,85	1,5	0,85
Вологість W , %	5	10	7	5	10	10	7	5	5	7

Примітка - * форма жолоба: 1 – півколо, радіус R; 2 – квадрат, сторона a; 3 – прямокутник, сторони a і b; 4 – трапеція, висота h, паралельні сторони a і b

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для визначення щільності вантажу в насипці

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розміри вийнятої гірської маси в масиві, м	5×2×1,5	8×0,8×2	20×0,6×1,5	10×2×2	40×0,6×1	30×2×2	25×2×2	5×2×1	8×2×1,5	10×2×1,5
Маса вийнятої гірської маси m , т	30	20	40	50	100	45	50	80	200	125

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для визначення щільності вологого та сухого вантажу

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розмір ємності, м	1×1×0,5	2×2×0,8	1,2×1,2×0,6	1,1×1,1×1,9	1,4×1,4×0,6	1,3×1,3×0,9	1,5×1,5×2	1,8×1,8×1	0,9×0,9×1,5	1,15×1,15×0,45
Вага вологого сипкого вантажу, Н	5000	2000	4000	5500	6100	4500	5900	4800	2700	7250
Кількість, на яку зменшена вага після висушування, Н	500	100	200	600	450	480	700	300	250	475

2 Завдання

1 Визначити необхідні розміри кусків (кускуватість) насипних вантажів гірничих підприємств, граничні розміри кускуватості на стрічковому конвеєрі.

2 Визначити масу і вагу вантажу на ділянці горизонтального конвеєра.

3 Визначити щільність вантажу в насипці.

4 Визначити щільність вологого та сухого вантажу.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

До основних параметрів, що характеризують властивості насипного вантажу, належать кускуватість, щільність у насипці, кут природного укосу в русі, відносна вологість, абразивність, липкість, пилоутворення, вибухонебезпечність, здатність до самозаймання [1-4].

Щодо транспорту, то поняття «кускуватість» використовують для вибору ширини стрічки конвеєра, визначення розмірів випускних отворів бункерів і рудоспусків, проектування завантажувальних воронки і вагонних перекивачів у пунктах завантаження вагонеток, проектування транспортних жолобів на збагачувальних фабриках, поверхневих комплексів шахт та ін.

Розміром куска, мм, незалежно від форми, вважають його максимальні розміри. Самі куски вимірюють рідко, а розміри одержують за результатами просівання. Оскільки будь-яка насипка (проба, порція) насипного вантажу має куски різного розміру, то, вибираючи і розраховуючи засоби транспорту, для характеристики кускуватості таких вантажів приймають один (характерний, розрахунковий) розмір куска (кускуватість) – a_{\max} або $0,8a_{\max}$ для рядового, $a_{\text{ср}}$ – сортового вантажів [1-4].

3.1 Визначити необхідні для розв'язання транспортних завдань розміри кусків (кускуватість) за результатами класифікації (грохочення), наведеної в таблиці 1.1.

Спочатку визначають категорію вантажу – рядовий чи сортований, з умови

$$\frac{a_{\max}}{a_{\min}} \leq 2,5 \text{ – сортований;}$$

$$\frac{a_{\max}}{a_{\min}} > 2,5 \text{ – рядовий,}$$

де a_{\max} і a_{\min} – максимальні розміри відповідно найбільшого і найменшого кусків у пробі.

Для рядових вантажів:

- визначають масу кусків розміром від a_{\max} до $0,8 a_{\max}$;

- за відношенням цієї маси до загальної маси проби встановлюють характерний розмір куска. Він дорівнює a_{\max} , якщо маса кусків від a_{\max} до $0,8 a_{\max}$ дорівнює або більше 10 % маси проби, або $0,8 a_{\max}$, якщо ця маса менше 10 %.

Для сортованих вантажів розміром куска (кускуватістю) вважають середнє арифметичне значення максимальних розмірів найбільшого і найменшого кусків у пробі, незалежно від кількості тих або інших.

3.2 Визначити граничні розміри кускуватості (характерні розміри), які допускають на стрічкових конвеєрах для рядових і сортованих вантажів за відповідної ширини стрічки (таблиця 1.1).

Граничні розміри кускуватості на стрічковому конвеєрі визначають так:

– для сортованих вантажів

$$a_{cp} = \frac{B_{\min} - 200}{3,3} ;$$

– рядових вантажів

$$a_{\max} = \frac{B_{\min} - 200}{2} .$$

3.3 Визначити масу і вагу вантажу на ділянці горизонтального конвеєра довжиною l , середню на довжині 1 м (лінійну) масу вантажу, а також масу води у всьому вантажі, якщо задані дані, що наведені в таблиці 1.2:

- площа перерізу жолоба $S_{жс} =$ м²;

- площа перерізу вантажу $S_{нв} = S_{жс} \cdot \psi =$ м²;

- щільність вологого вантажу $\rho_v = \rho_c (1 + W) =$ т/м³;

- лінійна (погонна) маса вологого вантажу $q_v = S_{жс} \cdot \psi \cdot \rho_v =$ кг/м;

- лінійна (погонна) маса сухого вантажу $q_c = S_{жс} \cdot \psi \cdot \rho_c =$ кг/м;

- лінійна маса води у вантажі $q_{ев} = q_v - q_c =$ кг/м;

- маса вологого вантажу на ділянці 1 $m_v = q_v \cdot l =$ кг;

- вага вологого вантажу $G_v = m_v \cdot g =$ Н;

- маса сухого вантажу на ділянці 1 $m_c = q_c \cdot l =$ кг;

- вага сухого вантажу $G_c = m_c \cdot g =$ Н;

- маса води у вантажі $m_{ев} = q_{ев} \cdot l =$ кг;

- вага води у вантажі $G_{ев} = m_{ев} \cdot g =$ Н.

3.4 Визначити щільність вантажу в насипці за даними таблиці 1.3:

- щільність у цілику $\rho_u = \frac{m}{V} =$ т/м³.

3.5 Визначити щільність вологого та сухого вантажу за даними таблиці 1.4:

- обсяг ємності з вантажем $V =$ м³;

- маса сухого вантажу $m_c =$ кг;

- маса вологого вантажу $m_v =$ кг;

- щільність сухого вантажу $\rho_c = \frac{m_c}{V} =$ кг/м³;

- щільність вологого вантажу $\rho_v = \frac{m_v}{V} =$ кг/м³.

Контрольні запитання

1 Які основні параметри характеризують властивості насипного вантажу?

2 Що означає поняття «кускуватість»?

3 Для яких цілей використовують показник кускуватості для проектування транспортних систем?

4 Як визначають розмір куска насипного вантажу незалежно від його форми?

5 Яким способом зазвичай визначають розміри кусків вантажу?

6 Чому для розрахунків транспортних засобів використовують характерний розмір куска?

7 Як визначають, чи є вантаж рядовим або сортованим?

8 Як визначають кускуватість для сортованих вантажів?

9 Надайте характеристику поняттю «щільність у насипці».

10 Дайте визначення поняття «відносна вологість».

11 Як визначають граничні розміри кускуватості для стрічкових конвеєрів?

Практична робота 2

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1 Вихідні дані

Вихідні дані наведені в таблицях 2.1-2.4.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для визначення різних видів продуктивності транспортної установки безперервної дії

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Теоретична площа струменя матеріалу $S_{т.ет}$, м ²	0,15	0,25	0,5	0,15	0,13	0,16	0,2	0,1	0,4	0,3
Швидкість руху V , м/с	1	2	1	2	3	3	2	1	4	2
Щільність вантажу ρ , т/м ³	1,1	1,2	1,7	1,1	1,8	1,9	2,0	1,0	1,5	1,3
Коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу ψ	0,9	0,85	0,9	0,85	0,75	0,7	0,8	0,6	0,55	0,75
Коефіцієнт кута нахилу c	0,7	0,8	1	0,7	0,6	0,9	0,8	0,7	1	0,9
Час зміни $t_{зм}$, год	7	7	6	6	7	6	7	7	6	6
Коефіцієнт машинного часу k_m	0,7	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,6
Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку k	1,3	1,5	1,5	2	1,8	1,6	1,1	1,7	1,3	1,4

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для визначення різних видів продуктивності транспортної установки періодичної дії

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Робочий час t_m , год	4,5	5	3,5	4	3	3,4	4,2	3,8	5,2	4,7
Час зміни $t_{зм}$, год	6	5	7	6	7	5	6	7	5	7
Кількість вагонів в составі n , шт.	10	15	12	13	11	20	18	17	10	9
Геометрична ємність вагонетки V , м ³	3,3	3,4	4,0	3,2	3,5	3,6	3,5	3,3	3,7	3,8
Довжина транспортування L , м	1500	1000	1300	1400	2000	900	800	1200	1100	950
Технічна швидкість руху без вантажу V_x , м/с	4	3	4	5	6	3	2	6	5	4
Швидкість руху з вантажем V_p , м/с	3	2	5	3	4	5	3	4	5	6
Тривалість паузи за цикл Θ , хв	15	20	18	17	10	25	30	13	14	22
Щільність вантажу ρ , т/м ³	1,1	1,5	1,3	1,7	1,1	2,0	1,3	1,2	1,8	1,9
Коефіцієнт заповнення ψ	0,8	0,9	0,85	0,75	0,7	0,85	0,75	0,7	0,8	0,85
Коефіцієнт зменшення швидкості руху k_ϕ	0,9	0,75	0,7	0,6	0,65	0,85	0,9	0,75	0,7	0,8

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для визначення мінімальної швидкості руху тягового органу горизонтального конвеєра та середньої експлуатаційної продуктивності

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Машинний час $Q_{зм}$, т/зміна	1000	1200	1500	1400	1800	1650	1350	1900	2000	1750
Коефіцієнт машинного часу k_m	0,9	0,75	0,7	0,6	0,65	0,85	0,95	0,75	0,7	0,8
Коефіцієнт нерівномірності за машинний час k	1,25	1,42	1,35	1,53	1,65	1,61	1,55	1,33	1,74	1,38
Тривалість зміни $t_{зм}$, год	6	7	6	7	6	7	7	6	6	7
Середня площа перерізу вантажу $S_{вт}$, м ²	0,20	0,25	0,35	0,17	0,13	0,16	0,15	0,11	0,42	0,33
Щільність вантажу ρ , т/м ³	0,9	1,27	1,12	0,85	1,25	1,3	0,7	1,06	0,75	1,2

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для визначення нормативної змінної продуктивності та коефіцієнта резерву змінної продуктивності стрічкового конвеєра

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня годинна продуктивність Q_{cp} , т/год	180	120	150	140	185	165	135	190	200	175
Коефіцієнт машинного часу k_m	0,7	0,75	0,9	0,65	0,75	0,85	0,95	0,95	0,95	0,8
Тривалість зміни $t_{зм}$, год	6	7	6	7	6	7	7	6	6	7
Щільність вантажу ρ , т/м ³	1,0	1,2	1,1	0,8	1,25	1,3	1,12	0,85	0,75	1,15
Маса мірної ємності m , кг	300	500	400	800	950	540	730	1000	810	650
Час наповнення мірної ємності t , с	5	2	3	7	8	10	11	4	9	5

2 Завдання

1 Визначити теоретичну, експлуатаційну, середню, максимальну миттєву продуктивність транспортної установки безперервної дії.

2 Визначити теоретичну, експлуатаційну та середню продуктивність транспортної установки періодичної дії.

3 Визначити мінімальну швидкість руху тягового органу горизонтального конвеєра для транспортування за машинний час, середню експлуатаційну продуктивність.

4 Визначити нормативну змінну продуктивність транспортного засобу та коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

Продуктивність – кількість переміщеного вантажу за одиницю часу, одиниці вимірювання – т/год, т/зм (найчастіше), м³/год (рідше), локомотивний транспорт – іноді тонно-кілометри (ткм/зміна).

До основних видів продуктивності відносять миттєву, середню, експлуатаційну, теоретичну, технічну, розрахункову, нормативну, фактичну змінну, паспортну [1-4].

Види продуктивності:

- *миттєва* – тільки для безперервного потоку (засобів безперервного транспорту, аналогічна миттєвій швидкості за спідометром автомобіля);

- *середня* – за машинний час (засоби безперервної дії) або робочий час (засоби періодичної дії);

- *експлуатаційна* – змінна за весь час зміни або середня годинна за той самий час;

- *теоретична* – максимальна для певного транспортного засобу, що обмежена його технічними можливостями;

- *технічна* – максимальна для роботи машини в конкретних умовах, що обмежена і цими умовами;

- *розрахункова* – максимальна, прийнята для розрахунку транспортного засобу;

- *нормативна* – розрахункова продуктивність із прийнятими для розрахунку (нормативними) значеннями коефіцієнтів нерівномірності вантажопотоку і машинного часу. Використовують для визначення коефіцієнта резерву продуктивності;

- *фактична змінна* – продуктивність, що має місце в дійсності, часто відрізняється від розрахункової (нормативної), має зазвичай відмінні від нормативних (фактично сталі) значення вантажопотоку і машинного часу, а також свій ступінь використання теоретичної продуктивності засобу транспорту;

- *паспортна* – гранична, зазначена в паспорті (характеристиці) машини.

Поняття продуктивності вантажопотоку хоча і має загальне значення (кількість переміщеного вантажу за одиницю часу), однак для засобів безперервної і періодичної дії відрізняється за змістом.

3.1 Визначити теоретичну, експлуатаційну, середню, максимальну миттєву продуктивність транспортної установки безперервної дії (конвеєра) відповідно до даних таблиці 2.1:

- теоретична продуктивність конвеєра

$$Q_m = 3600 \cdot S_{m.вм} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v \cdot c = \text{т/год};$$

- експлуатаційна продуктивність

$$Q_e = \frac{Q_m \cdot t_{з.м} \cdot k_m}{k} = \text{т/зміна};$$

- середня продуктивність

$$Q_{cp} = \frac{Q_e}{t_{з.м}} = \text{т/год};$$

- машинний час

$$t_m = t_{з.м} \cdot k_m = \text{год};$$

- максимальна миттєва продуктивність

$$Q_{max} = \frac{Q_e \cdot k}{t_m} = \text{т/год}.$$

3.2 Визначити теоретичну, експлуатаційну та середню продуктивність транспортної установки періодичної дії відповідно до даних таблиці 2.2:

- вантажопідйомність одного вагона

$$m = V \cdot \rho \cdot \psi \cdot 1000 = \text{кг};$$

- час рейсу (циклу)

$$T_p = \frac{L}{k_\phi \cdot v_x} + \frac{L}{k_\phi \cdot v_p} + \Theta = \text{с};$$

- теоретична продуктивність

$$Q_m = 3,6 \cdot n \cdot \frac{m}{T_p} = \text{т/год};$$

- експлуатаційна продуктивність

$$Q_e = Q_m \cdot t_m = \text{т/зміна};$$

- середня продуктивність за час зміни

$$Q_{cp} = \frac{Q_e}{t_{zm}} = \text{т/год.}$$

3.3 Визначити мінімальну швидкість руху тягового органу горизонтального конвеєра для транспортування за машинний час, середню експлуатаційну продуктивність відповідно до даних таблиці 2.3:

- розрахункова продуктивність за машинний час

$$Q_p = \frac{Q_{zm} \cdot k}{t_{zm} \cdot k_m} = \text{т/год};$$

$$Q_p = Q_m;$$

- лінійна маса вантажу

$$q = 1000 S_{em} \cdot \rho = \text{кг/м};$$

- теоретична продуктивність засобів безперервного транспорту

$$Q_m = 3,6q \cdot V \text{ т/ГОД, звідки } V = \frac{Q_m}{3,6q} \text{ м/с;}$$

- мінімальна швидкість

$$V_{\min} = \frac{Q_m}{3,6q} = \text{м/с;}$$

- середня експлуатаційна продуктивність за годину зміни

$$Q_{з.м}^{cp} = \frac{Q_{з.м}}{t_{з.м}} = \text{т/ГОД;}$$

- максимальна продуктивність (розрахункова)

$$Q_{\max} = Q_{з.м}^{cp} \cdot k = \text{т/ГОД;}$$

3.4 Визначити нормативну змінну продуктивність транспортного засобу та коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку відповідно до даних таблиці 2.4:

- змінна продуктивність

$$Q_{з.м} = Q_{cp} \cdot t_{з.м} \cdot k_m = \text{т/зміна;}$$

- максимальна продуктивність, отримана під час експерименту

$$Q_{\max} = m \frac{3600}{t} = \text{т/ГОД;}$$

- коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку

$$k = \frac{Q_{\max}}{Q_{cp}} =$$

Контрольні запитання

- 1 Що таке продуктивність і в яких одиницях її найчастіше вимірюють?
- 2 Для яких транспортних засобів застосовувана миттєва продуктивність?
- 3 Чим відрізняється середня продуктивність для засобів безперервної та періодичної дії?
- 4 Що характеризує експлуатаційна продуктивність?
- 5 Чим обмежена теоретична продуктивність транспортного засобу?
- 6 У чому відмінність між теоретичною і технічною продуктивністю?
- 7 Що таке нормативна продуктивність і для чого її використовують?
- 8 У чому відмінність між технічною та розрахунковою продуктивністю?
- 9 Чому фактична змінна продуктивність може відрізнитися від нормативної?
- 10 У чому відмінність між розрахунковою та нормативною продуктивністю?
- 11 У чому полягає відмінність поняття продуктивності для засобів безперервної і періодичної дії?

Практична робота 3

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ

1 Вихідні дані

Бригада експлуатує та усуває відмови (ремонтуює транспортну машину) протягом трьох місяців. За цей час зафіксовано n зупинок на ремонт після відмови із сумарним часом відновлення t_6 год. Час запланованих зупинок – t_3 за зміну. Робочий тиждень – п'ятиденка, на добу одна робоча зміна тривалістю t_{pz} год, m робочих днів на місяць. Час роботи t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n , зупинок	10	5	15	9	7	16	10	5	15	8
t_6 , ГОД	30	20	8	10	15	16	17	29	27	11
t_{pz} , ГОД	8	7	6	8	7	6	8	7	6	8
m , ДНІВ	22	21	23	20	22	21	23	20	22	21
t_3 , ХВ	15	10	20	5	10	25	10	15	5	15
t_1 , ГОД	8	1	10	9	10	8	10	15	10	9
t_2 , ГОД	20	2	20	10	15	15	20	40	20	15
t_3 , ГОД	40	3	30	15	20	25	40	60	30	30
t_4 , ГОД	50	10	40	20	40	30	80	100	50	60
t_5 , ГОД	100	20	50	40	50	50	100	120	60	80

2 Завдання

1 Визначити середній час відновлення, середній час напрацювання на відмову, частоту відмов транспортної машини.

2 Визначити коефіцієнти готовності та ремонтпридатності.

3 Визначити ймовірність безвідмовної роботи транспортної машини і побудувати графік $P = f(t)$.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

Надійність – властивість технічних об'єктів зберігати протягом встановленого часу значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції за заданих режимів і умов застосування, технічного обслуговування, зберігання і транспортування. Як технічні об'єкти розуміють пристрої, прилади, механізми, машини, комплекси обладнання, будівельні конструкції і споруди, технологічні операції і процеси, системи зв'язку, інформаційні системи, автоматизовані системи управління технологічними процесами тощо [5, 6].

У цьому випадку будемо розглядати надійність як критерій оцінювання, вибору та порівняння засобів транспорту серед таких, як продуктивність, граничні характеристики траси – граничні довжина транспортування та кут нахилу до горизонту, мінімальний радіус кривизни в плані та профілі; економічність; здрібнювання вантажів під час транспортування; безпека.

Безвідмовність – властивість технічних об'єктів безперервно зберігати працездатний стан протягом заданого часу або деякого напрацювання. Напрацювання технічних об'єктів зазвичай вимірюють обсягом вантажу, що перевантажують за певний відрізок часу.

Коефіцієнт готовності – це коефіцієнт, що визначають як відношення часу справної роботи до суми годин справної роботи і вимушених простоїв об'єкта, взятих за один і той самий календарний термін.

Ремонтпридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до попередження і виявлення причин виникнення його відмов, пошкоджень та усунення їх через ремонт і технічне обслуговування.

Технічне обслуговування передбачає сукупність технічних і організаційних заходів, що гарантують підтримання об'єкта в працездатному стані на різних фазах і етапах експлуатації.

Як ремонт розуміють організацію і виконання робіт із відновлення працездатності та ресурсу роботи.

Ремонтопридатність – якісна характеристика. Для кількісної характеристики застосовують показники ремонтпридатності: імовірність відновлення в заданий час і середній час відновлення. Ці показники відносять до відновлюваних об'єктів.

Коефіцієнт ремонтпридатності технічних об'єктів визначають як відношення кількості відновлених придатних технічних об'єктів до загальної кількості технічних об'єктів, що вийшли з експлуатації.

Оцінювання надійності засобів транспорту, особливо багатоланкових систем, дає уявлення про можливість виконання поставлених перед транспортом завдань.

3.1 Визначити середній час відновлення, середній час напрацювання на відмову, частоту відмов транспортної машини відповідно до даних таблиці 3.1:

- кількість змінних годин за три місяці

$$t_{зм} = 3 \cdot m \cdot t_{pz} = \text{ГОД};$$

- час планових зупинок машини за три місяці

$$t_{зн} = 3 \cdot t_3 \cdot m = \text{ГОД};$$

- сумарний час роботи і відновлення без планових зупинок

$$t_{pv} = t_{зм} - t_{зн} = \text{ГОД};$$

- середній час відновлення

$$t_{рем} = \frac{t_в}{n} = \text{ГОД};$$

- середній час напрацювання на відмову

$$t_{відм} = \frac{t_{pv} - t_в}{n} = \text{ГОД};$$

- частота відмов

$$\lambda = \frac{1}{t_{відм}} =$$

відмова/год.

3.2 Визначити коефіцієнти готовності та ремонтпридатності відповідно до даних таблиці 3.1.

- коефіцієнт готовності:

$$k_2 = \frac{t_{відм}}{t_{відм} + t_{рем}} = ;$$

- коефіцієнт ремонтпридатності

$$k_{рем} = \frac{t_{рем}}{t_{відм} + t_{рем}} = .$$

3.3 Визначити імовірність безвідмовної роботи транспортної машини та побудувати графік $P = f(t)$ відповідно до даних таблиці 3.1 (рисунок 3.1).

- імовірність безвідмовної роботи за заданий час

якщо $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ ГОД, ТО $P(t_1) = e^{-\lambda \times t_1} = ;$

якщо $t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ ГОД, ТО $P(t_2) = e^{-\lambda \times t_2} = ;$

якщо $t_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ ГОД, ТО $P(t_3) = e^{-\lambda \times t_3} = ;$

якщо $t_4 = \underline{\hspace{2cm}}$ ГОД, ТО $P(t_4) = e^{-\lambda \times t_4} = ;$

якщо $t_5 = \underline{\hspace{2cm}}$ ГОД, ТО $P(t_5) = e^{-\lambda \times t_5} = .$

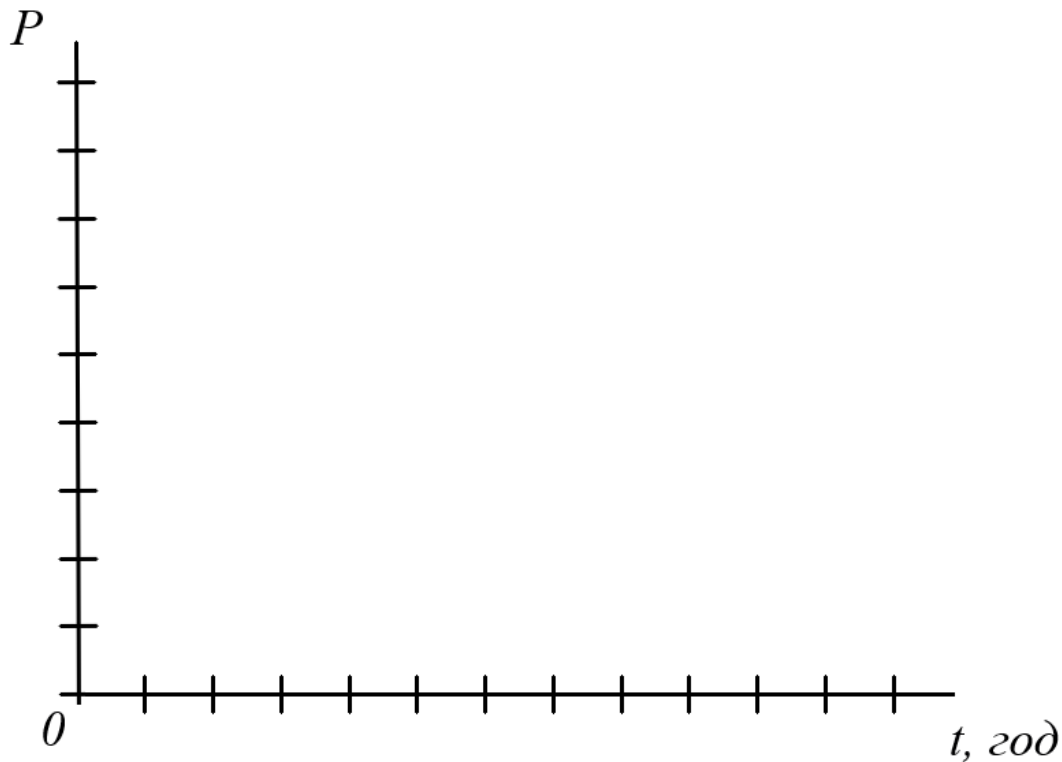


Рисунок 3.1 – Графік $P=f(t)$

Контрольні запитання

- 1 Що таке надійність технічних об'єктів?
- 2 Які параметри характеризують здатність технічного об'єкта виконувати потрібні функції?
- 3 Які критерії використовують для оцінювання та порівняння засобів транспорту?
- 4 Що таке безвідмовність технічного об'єкта?
- 5 Як зазвичай вимірюють напрацювання технічних об'єктів?
- 6 У чому полягає властивість ремонтпридатності технічного об'єкта?
- 7 Що таке коефіцієнт готовності і як його обчислюють?
- 8 Від яких складових залежить значення коефіцієнта ремонтпридатності?
- 9 Дайте визначення поняття «імовірність безвідмовної роботи».
- 10 Для чого оцінюють надійність засобів транспорту?

Практична робота 4
РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ
ПРОКАТНИХ ЦЕХІВ

1 Вихідні дані

Вихідні дані наведені в таблицях 4.1, 4.2.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для визначення планового та фактичного обсягу виробництва, резерву виробничої потужності, потрібної кількості прокатних станів

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{en} , тис. т	1800	2000	1880	1900	2200	1700	2350	2500	1600	2100
k_i	1,06	1,05	1,01	1,08	1,04	1,03	1,09	1,1	1,02	1,07
$P_{a(i)}$, тис. т	1500	1600	1200	1300	1400	1100	2000	1800	1250	1700
$P_{a(i)}^{nn}$, тис. т	5000	3350	3000	3500	6100	4500	5500	4490	5580	4000
α_p	0,8	0,75	0,85	0,81	0,77	0,79	0,84	0,82	0,76	0,83

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для побудови графіків залежності кількості станів від планового обсягу виробництва

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{en1} , тис. т	10800	12000	18080	19000	12200	6700	20350	7500	13600	3320
P_{en2} , тис. т	8240	9550	5530	6400	17000	12400	9800	12500	23500	21000
P_{en3} , тис. т	2500	10600	7200	2900	4400	11500	12800	18100	10250	12700
P_{en4} , тис. т	5005	3350	3100	4500	6600	4500	15500	14460	5980	6490
P_{en5} , тис. т	4550	1250	11000	15630	7700	7900	6450	5430	3200	15600

2 Завдання

1 Визначити плановий обсяг вхідної проміжної продукції для цеху, що випускає готовий прокат і проміжну продукцію.

2 Розрахувати потрібну кількість прокатних станів.

3 Визначити фактичний обсяг виробництва проміжної продукції та резерв виробничої потужності прокатних станів.

4 Побудувати графік залежності кількості станів від планового обсягу виробництва.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

Розрахунок починають із цеху, що випускає готовий прокат, ведуть послідовно по всьому технологічному ланцюжку і закінчують прокатним цехом, що отримує як напівфабрикат для переробки сталеві зливки або сталеві заготовки [1-4].

3.1 Визначення планового обсягу вхідної проміжної продукції:

– для цеху, що випускає готовий прокат,

$$P_{zn(i)} = P_{zn} \cdot k_i = \text{тис. т;} \quad \text{тис. т;}$$

– цеху, що випускає проміжну продукцію,

$$P_{nn(i)} = P_{zn(i)} \cdot k_i = \text{тис. т,}$$

де P_{zn} – обсяг продукції цеху;

k_i – витратний технологічний коефіцієнт прокатного стану.

3.2 Потрібну кількість прокатних станів $N_{a(i)}$ визначають з округленням до цілого в більший бік:

– для цеху, що випускає готовий прокат,

$$N_{a(i)} = \frac{P_{zn(i)}}{P_{a(i)} \cdot \alpha_p} = \text{од.;} \quad \text{од.;$$

– цеху, що випускає проміжну продукцію,

$$N_{a(i)} = \frac{P_{nn(i)}}{P_{a(i)}^{nn} \cdot \alpha_p} = \text{од.,}$$

де $P_{a(i)}$, $P_{a(i)}^{nn}$ – паспортна продуктивність прокатних станів;

α_p – коефіцієнт, що враховує час зупинки стану на переналагодження оснастки.

3.3 Фактичний обсяг виробництва проміжної продукції розраховують так:

– для цеху, що випускає готовий прокат,

$$P_{zn(i)}^{\phi} = \alpha_p \cdot P_{a(i)} \cdot N_{a(i)} = \text{тис. т;} \quad \text{тис. т.}$$

– цеху, що випускає проміжну продукцію,

$$P_{nn(i)}^{\phi} = \alpha_p \cdot P_{a(i)}^{nn} \cdot N_{a(i)} = \text{тис. т.}$$

Резерв виробничої потужності прокатних станів $P_{a(i)}$ визначають так:

– для цеху, що випускає готовий прокат,

$$P_{a(i)} = P_{zn(i)}^{\phi} - P_{zn(i)} = \text{тис. т.}$$

– цеху, що випускає проміжну продукцію,

$$P_{a(i)} = P_{nn(i)}^{\phi} - P_{nn(i)} = \text{тис. т.}$$

За результатами розрахунку визначають планову потребу прокатного виробництва у сталевих заготовках або зливках (тис. т/р.).

3.4 Побудувати графіки залежності кількості станів від планового обсягу виробництва для цехів, що випускають готовий прокат і проміжну продукцію, відповідно до даних таблиці 4.2 (рисунки 4.1, 4.2).

Для розрахунків кількості станів і планового обсягу виробництва значення k_i , α_p , $P_{a(i)}$, $P_{a(i)}^{nn}$ вибирають за таблицею 4.1.

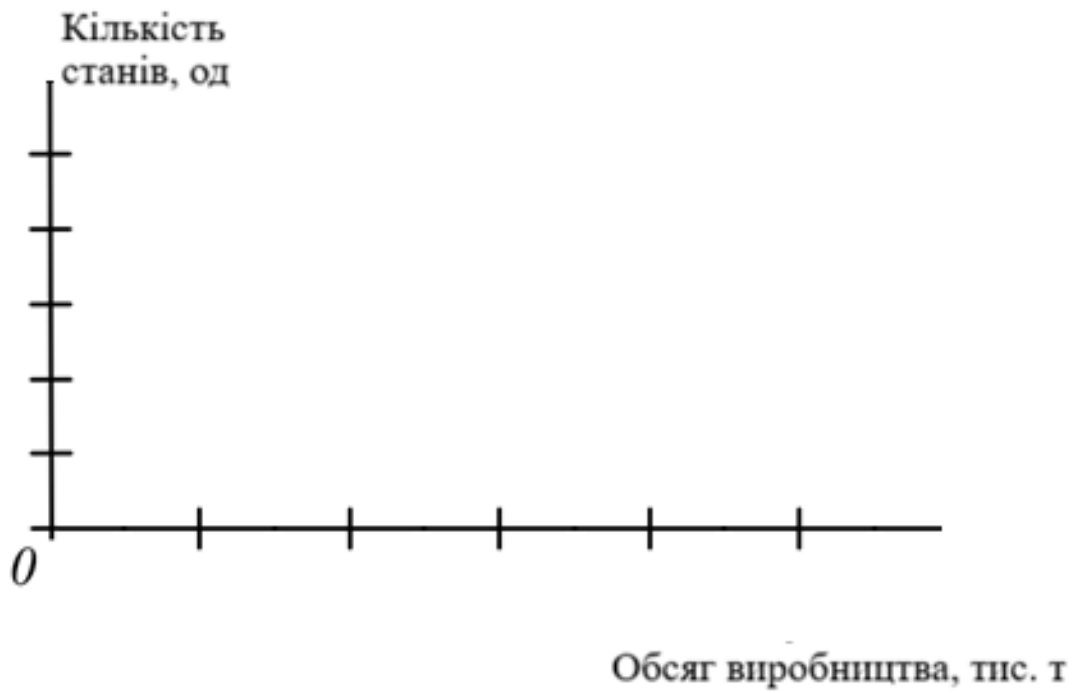


Рисунок 4.1 – Графік залежності кількості станів від планового обсягу виробництва для цеху, що випускає готовий прокат

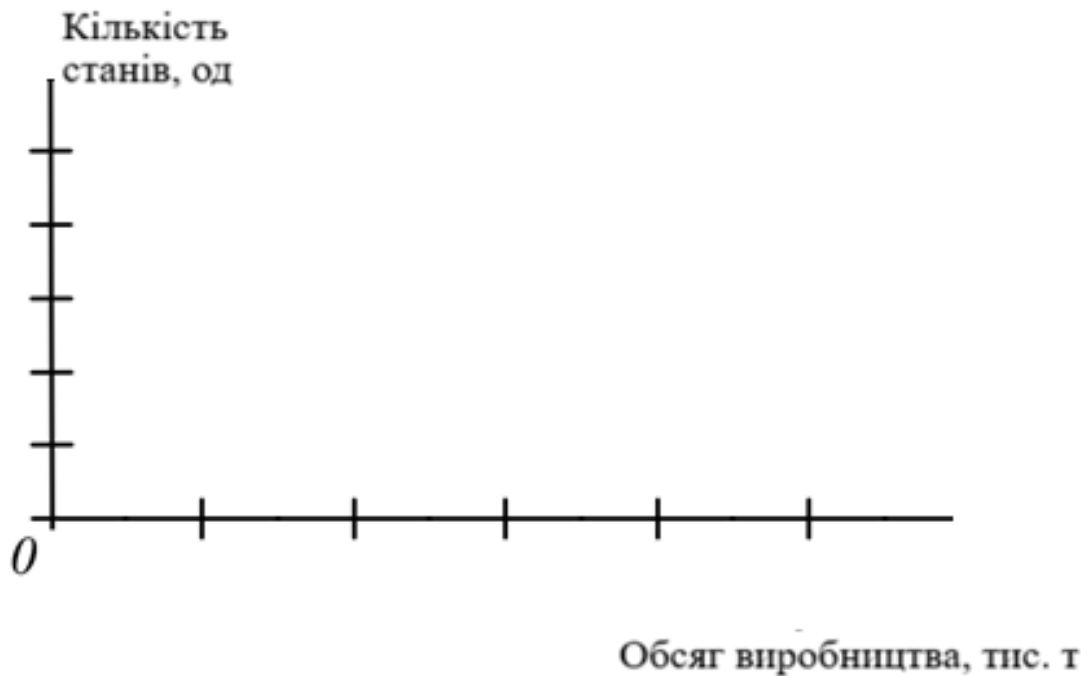


Рисунок 4.2 – Графік залежності кількості станів від планового обсягу виробництва для цеху, що випускає проміжну продукцію

Контрольні запитання

- 1 Із якого цеху починають розрахунок у технологічному ланцюжку виробництва прокату?
- 2 У якій послідовності ведуть розрахунок між цехами?
- 3 Який цех є завершальним у технологічному ланцюжку розрахунку?
- 4 Як визначають плановий обсяг вхідної проміжної продукції для цеху, що випускає готовий прокат?
- 5 Як визначають плановий обсяг вхідної проміжної продукції для цеху, що випускає проміжну продукцію?
- 6 Від чого залежить потрібна кількість прокатних станів?
- 7 Що показує резерв виробничої потужності прокатних станів і для чого його використовують?
- 8 Що означає витратний технологічний коефіцієнт прокатного стану k_i ?
- 9 Які параметри враховує коефіцієнт α_p для розрахунку кількості станів?
- 10 Як визначають фактичний обсяг виробництва проміжної продукції?

Практична робота 5

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ТЯГИ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ

1 Вихідні дані

Вихідні дані наведені в таблицях 5.1-5.4.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для визначення сили тяги для переміщення зосередженого вантажу вгору і вниз по похилій площині

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса вантажу m , кг	100	200	300	400	500	150	165	450	550	280
Коефіцієнт опору руху ω	0,1	0,2	0,3	0,15	0,19	0,01	0,3	0,15	0,14	0,13
Кут нахилу площини до горизонту β , град	10	15	12	13	14	9	15	11	18	20

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для визначення сили тяги розподілених вантажів на прямолінійних ділянках

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Кут нахилу площини руху β , град	3	2	5	10	3	4	8	5	12	2	
Довжина транспортування L , м	100	100	150	50	200	180	300	100	130	125	
Маса, кг на довжині L , м	рухомої частини транспортного засобу m_p , кг	500	2000	300	100	700	600	1200	550	400	250
	вантажів m_v , кг	800	4000	400	200	600	1000	2000	900	1200	2000
Коефіцієнт опору руху	рухомої частини транспортного засобу ω_p	0,3	0,6	0,3	0,1	0,2	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2
	вантажів ω_v	0,5	0,5	0,4	0,1	0,3	0,5	0,6	0,5	0,4	0,2
Натяг тягового органу по кінцях відрізка	верхній кінець F_g	600	10000	15000	500	16000	12000	600	1000	1200	650
	нижній кінець F_n	1500	40000	20000	1500	25000	22000	1600	2500	2500	1000

Таблиця 5.3 – Вихідні дані для визначення довжини відрізка розподіленого вантажу, що рухається вгору по прямолінійній похилій ділянці шляху з постійною швидкістю ($a = 0$)

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лінійна маса q , кг/м	120	275	150	340	250	175	165	200	300	235
Кут нахилу площини руху β , град	15	18	17	16	11	20	14	12	13	10
Коефіцієнт опору руху ω	0,1	0,15	0,3	0,14	0,01	0,2	0,3	0,15	0,19	0,25
Сила тяги F , кН	20	15,6	22	40	25	33	43	21,5	17	29

Таблиця 5.4 – Вихідні дані для визначення величини прискорення (уповільнення) руху зосереджених вантажів

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса вантажу m , кг	1500	2100	2350	1650	1725	1410	1990	2800	3000	1435
Коефіцієнт опору руху ω	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,45	0,14	0,27	0,33	0,19
Кут нахилу площини руху β , град	12	15	13	10	11	17	9	18	14	19
Сила тяги F , Н	1700	1560	2200	3340	2750	3375	4635	2150	1570	2005

2 Завдання

1 Визначити силу тяги для переміщення зосередженого вантажу вгору і вниз по похилій площині з постійною швидкістю.

2 Визначити лінійну масу рухомої частини транспортного засобу та вантажу, силу тяги для переміщення розподілених вантажів на прямолінійних ділянках.

3 Визначити довжину відрізка розподіленого вантажу, що рухається вгору по прямолінійній похилій ділянці шляху з постійною швидкістю ($a = 0$).

4 Визначити величину прискорення (уповільнення) руху зосереджених вантажів.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

Зосереджений вантаж (наприклад вагонетка) має розміри в напрямку трьох взаємно перпендикулярних осей (довжина, ширина, висота) одного порядку, у розрахунках масу його можна прийняти зосередженою в одній точці, а навантажені елементи його можуть сприймати як стискальну, так і розтягувальну силу [1-4].

Розподілений вантаж (наприклад скребковий ланцюг із приєднаними до нього елементами та переміщуваним вантажем; стрічка з вантажем і підтримуючими її роликівими опорами – вони приєднані до неї силами тертя) відрізняється від зосередженого тим, що він має на кілька порядків більший розмір за довжиною, ніж за шириною та висотою, може переміщатися як у прямому, так і вигнутому вигляді, а головне він завжди розтягнутий (стискальні сили не сприймають) [1-4].

3.1 Визначити силу тяги зосередженого вантажу вгору і вниз по похилій площині з постійною швидкістю відповідно до даних таблиці 5.1 (рисунок 5.1).

Загальне рівняння руху зосередженого вантажу по похилій площині

$$F = W \pm T + P_i,$$

де F – сила тяги, спрямована у бік руху;

$W = m \cdot g \cdot \omega \cdot \cos \beta$ – сила опору від тертя, спрямована завжди в бік, протилежний руху;

$T = m \cdot g \cdot \omega \cdot \sin \beta$ – сила – поздовжня складова сили тяжіння (ваги), спрямована завжди вниз по траєкторії руху;

плюс ставиться з рухом вгору, мінус – униз;

$P_i = m \cdot a$ – сила інерції з прискоренням (а «+») додатна, спрямована проти руху (як і сила від тертя) і вповільненні (а «-») від'ємна, спрямована за напрямком руху.

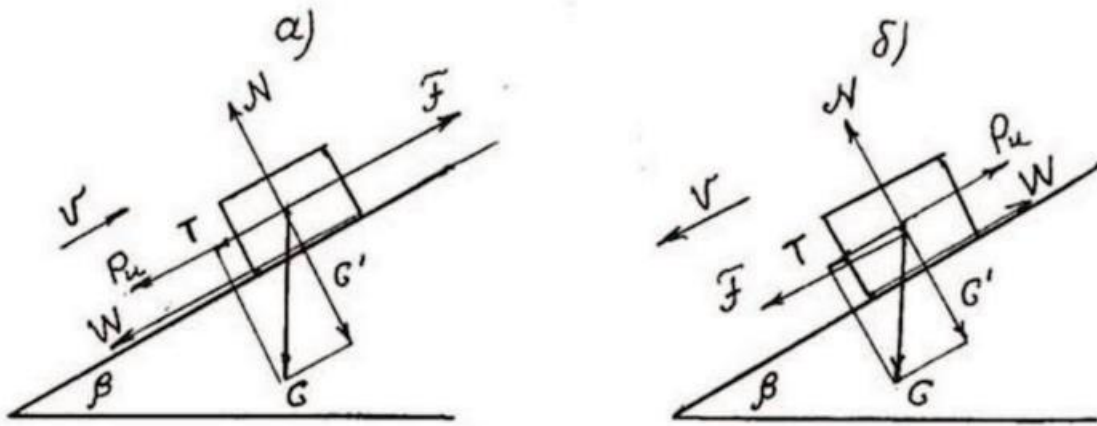


Рисунок 5.1 – Розрахунок сили тяги для переміщення зосереджених вантажів

У випадку, коли вантаж рухається вгору по похилій площині (рисунок 5.1, а), силу тяги визначають як $F = W \pm T + P_i$, а з рухом униз (рисунок 5.1, б) – $F = W \pm T + P_i$.

За постійної швидкості $v = const$, прискорення $a = 0$, тоді

- сила тяги вгору

$$F' = m \cdot g \cdot (\omega \cdot \cos \beta + \sin \beta) = \text{Н};$$

- сила тяги вниз

$$F'' = m \cdot g \cdot (\omega \cdot \cos \beta - \sin \beta) = \text{Н}.$$

Мінус біля сили F указує на напрямок її, протилежний руху, тобто щоб зберігати постійну швидкість руху вниз, потрібна сила, спрямована вгору.

3.2 Визначити лінійну масу рухомої частини транспортного засобу та вантажу, силу тяги для переміщення розподілених вантажів на прямолінійних ділянках відповідно до даних таблиці 5.2.

Лінійна маса рухомої частини

$$q_p = \frac{m_p}{L} = \text{кг/м.}$$

Лінійна маса вантажу

$$q_g = \frac{m_g}{L} = \text{кг/м.}$$

Поздовжня складова (спрямована вниз) ваги рухомих частин і вантажу

$$T = (m_p + m_g) \cdot g \cdot \sin \beta = \text{Н.}$$

Сила опору від тертя з рухом (спрямована проти руху)

$$W = (m_p \cdot \omega_p + m_g \cdot \omega_g) \cdot g \cdot \cos \beta = \text{Н.}$$

Для руху вгору з постійною швидкістю ($a=0$) має бути вгору прикладена сила

$$F' = T + W + F_n = \text{Н.}$$

Ця сила більше від прикладеної $F_g = \text{Н}$, тому вантаж нерухомий.

Для руху вниз аналогічно

$$F'' = F_g + W = \text{Н.}$$

Прикладено вниз разом

$$F = F_n + T = \text{Н.}$$

Отже, вантаж нерухомий.

3.3 Визначити довжину відрізка розподіленого вантажу, що рухається вгору по прямолінійній похилій ділянці шляху з постійною швидкістю ($a = 0$), відповідно до даних таблиці 5.3.

Рівняння руху $F = T + W = q \cdot l \cdot g(\sin \beta + \omega \cdot \cos \beta)$, звідки

$$l = \frac{F}{q \cdot g(\sin \beta + \omega \cdot \cos \beta)} = \text{м.}$$

3.4 Визначити величину прискорення (уповільнення) руху зосереджених вантажів відповідно до даних таблиці 5.4.

Вага вантажу

$$G = m \cdot g = \quad \text{Н.}$$

Сила опору від тертя спрямована в бік, протилежний руху:

$$W = m \cdot g \cdot \omega \cos \beta = \quad \text{Н.}$$

Поздовжня складова ваги в спокої або в русі завжди спрямована вниз:

$$T = m \cdot g \cdot \sin \beta = \quad \text{Н.}$$

Розглянемо варіант, коли вантаж знаходиться у стані спокою на похилій площині. У цьому випадку вантаж прагне зрушитися вниз і рівняння рівноваги $T = F + W_{cn}$, звідки

$$W_{cn} = T - F = \quad \text{Н.}$$

Оскільки $W_{cn} < W$, тут використана (неповна) сила тертя спокою, і тіло залишається нерухомим.

Для другого варіанта вантаж від зовнішньої сили (поштовху) рухається вгору. Після дії цієї сили і початку руху рівняння руху

$$F = W + T + P_i, \text{ звідки } P_i = F - T - W.$$

Оскільки $P = m \cdot a$, то

$$a = \frac{F - T - W}{m} = \quad \text{м/с}^2.$$

Для третього варіанта вантаж від зовнішньої сили (поштовху) рухається вниз. Після дії сили, що штовхає, рівняння руху

$$T = F + W + P_u, \text{ звідки}$$

$$a = \frac{T - F - W}{m} = \quad \text{м/с}^2.$$

Контрольні запитання

- 1 Що вважають зосередженим вантажем і які його основні ознаки?
- 2 Чому масу зосередженого вантажу можна приймати як таку, що зосереджена в одній точці?
- 3 Які сили можуть сприймати навантажені елементи зосередженого вантажу під час руху?
- 4 Дайте характеристику розподіленого вантажу.
- 5 Чим розподілений вантаж відрізняється від зосередженого за геометричними розмірами?
- 6 Чому розподілений вантаж завжди вважають таким, що перебуває в розтягнутому стані?
- 7 Які сили враховують у загальному рівнянні руху зосередженого вантажу по похилій площині?
- 8 Як змінюється знак складової сили тяжіння з рухом вантажу вгору і вниз по похилій площині?
- 9 Який фізичний зміст має сила інерції в рівнянні руху вантажу?
- 10 Як визначають лінійну масу рухомої частини транспортного засобу та вантажу?
- 11 Як визначають силу тяги зосередженого вантажу вгору і вниз по похилій площині?
- 12 Як визначають силу тяги для переміщення розподілених вантажів на прямолінійних ділянках?

Практична робота 6

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ЗАСОБІВ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

1 Вихідні дані

Вихідні дані наведені в таблицях 6.1-6.3.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для визначення сили тяги для переміщення навантаженої гілки скребкового конвеєра

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лінійна маса вантажу q_{em} , кг/м	40	45	50	35	25	55	47	60	70	65
Лінійна маса тягового органу q_0 , кг/м	15	17	25	11	10	16	17	22	30	28
Довжина конвеєра L , м	150	200	185	155	170	210	190	220	165	235
Коефіцієнт опору руху ланцюга ω_0	0,2	0,01	0,3	0,15	0,1	0,19	0,11	0,25	0,2	0,2
Коефіцієнт опору руху вантажу ω_{em}	0,4	0,5	0,6	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,3	0,25
Кут нахилу β , град	10	12	18	20	15	13	9	15	11	14

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для визначення максимального натягу ланцюга скребкового конвеєра двох крайніх варіантів розташування привода та реакцію в кінцевих блоках

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мінімальний натяг F_{np} , кН	3	4	5	3,5	2	5,5	4,5	2,5	2,7	4,75
Сила тяги для переміщення порожньої гілки $F_{пор}$, кН	100	30	15	35	50	40	45	75	65	100
Сила тяги для переміщення навантаженої гілки F_{em} , кН	140	120	60	75	155	55	90	105	150	120

Таблиця 6.3 – Вихідні дані для визначення максимального натягу ланцюга скребкового конвеєра, якщо привод розташований угорі

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мінімальний натяг F_{np} , кН	3,3	2,5	2,75	3,4	4,5	5	3,5	2,85	4,7	3
Сила тяги для переміщення порожньої гілки $F_{пор}$, кН	115	85	65	55	45	60	70	15	105	100
Сила тяги для переміщення навантаженої гілки $F_{вт}$, кН	130	115	155	90	145	95	135	65	125	140
Коефіцієнт збільшення натягу ланцюга на кінцевій зірочці k_n	1,01	1,02	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,11	1,13	1,14

2 Завдання

1 Визначити силу тяги для переміщення навантаженої гілки скребкового конвеєра.

2 Визначити максимальний натяг ланцюга скребкового конвеєра для двох крайніх варіантів розташування привода та реакцію в кінцевих блоках.

3 Визначити максимальний натяг ланцюга скребкового конвеєра, якщо привод розташований угорі.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

Скребковий конвеєр – це пристрій для горизонтального або похилого транспортування малоабразивних насипних вантажів, у якому переміщення матеріалу здійснюється по нерухомому жолобу – риштаку – за допомогою скребків, закріплених на одному чи кількох тягових ланцюгах із певним кроком і занурених у шар насипного вантажу [1-4].

Скребкові шахтні конвеєри використовують для проведення одно- або двоколієних горизонтальних і похилих гірничих виробок. За своїми конструктивними та експлуатаційними властивостями вони найповніше

відповідають складним умовам праці в підготовчих забоях. Єдиний засіб транспорту в лавах вугільних шахт, що розробляють пологі пласти.

Незважаючи на досить недосконалий спосіб переміщення вантажу – волочінням, коли витрати енергії та зношування перевищують в сотні разів витрати стрічковим конвеєром або колісним транспортом, скребкові конвеєри дуже поширені, мають більші перспективи завдяки своїм перевагам – можливості працювати в добувних механізованих комплексах. Іноді їх застосовують як перевантажувачі.

Скребкові конвеєри класифікують за *призначенням*:

- підземні (для вугільних і рудних шахт);
- загального призначення (для поверхні шахт і збагачувальних фабрик);
- спеціальні, що застосовувані в гірничо-транспортних машинах (механізованих бункерах, самохідних вагонах, навантажувальних машинах тощо).

За *характером виконуваних функцій* поділяють так:

- доставні;
- агрегатні;
- гальмівні (призначені для спуску вугілля по виробках із великим кутом нахилу);
- скребкові живильники (наприклад для видалення висушеного вугілля після термічної сушки).

Експлуатаційні розрахунки вибійних скребкових конвеєрів звичайно включають перевірку можливостей за продуктивністю, довжиною (міцністю ланцюга), потужністю привода (кількістю двигунів на ньому та місцем їх розташування), зусиллями в натяжній станції для конвеєрів із натяжними станціями. Розрахунки на міцність звичайно ведуть для стаціонарних режимів, динаміку зусиль у ланцюзі враховують завищенням коефіцієнта запасу міцності [7].

3.1 Визначити силу тяги для переміщення навантаженої гілки скребкового конвеєра відповідно до даних таблиці 6.1.

Сила тяги на переміщення вгору дорівнює сумі всіх сил тяги елементів, що складають ланцюг.

$$F_{\text{ем}} = q_0 \cdot L \cdot g \cdot (\omega_0 \cdot \cos \beta + \sin \beta) + q_{\text{ем}} \cdot L \cdot g \cdot (\omega_{\text{ем}} \cdot \cos \beta + \sin \beta) =$$

Н.

3.2 Визначити максимальний натяг ланцюга скребкового конвеєра для двох крайніх варіантів розташування привода та реакцію в кінцевих блоках відповідно до даних таблиці 6.2 (рисунки 6.1, 6.2).

Для коефіцієнта збільшення натягу ланцюга $k_n = 1$.

Максимальний натяг визначають як

$$F_{\text{max}} = F_{\text{пор}} + F_{\text{ем}} + F_{\text{пр}} =$$

кН.

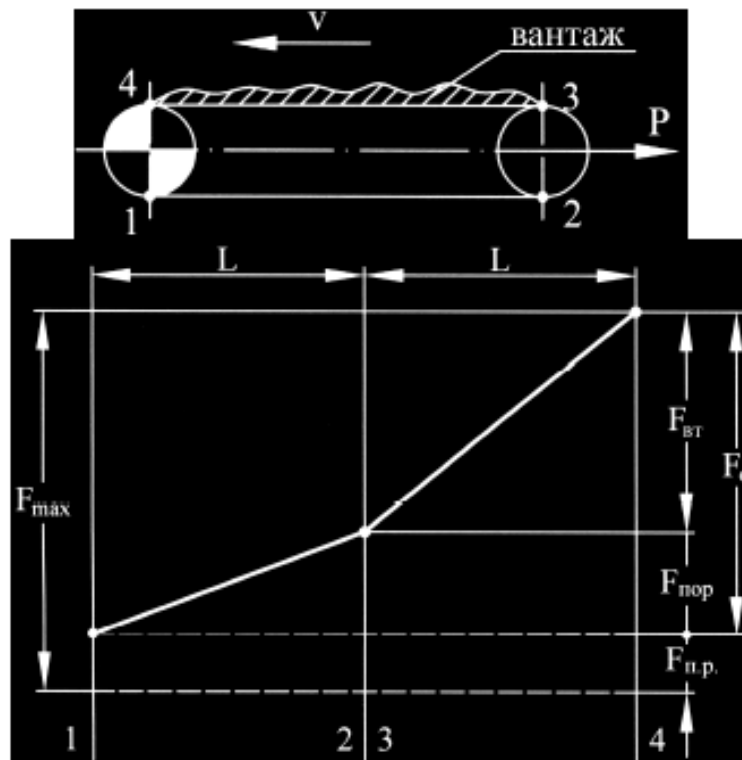


Рисунок 6.1 – Діаграма натягу ланцюга, коли привід розташований у голові конвеєра

Натяги для привода в голові конвеєра визначають так:

$$F_1 = F_{np} = \text{кН.}$$

$$F_2 = F_3 = F_{пор} + F_{np} = \text{кН.}$$

$$F_4 = F_{max} = \text{кН.}$$

Реакція в кінцевих блоках

$$P = 2F_2 = \text{кН.}$$

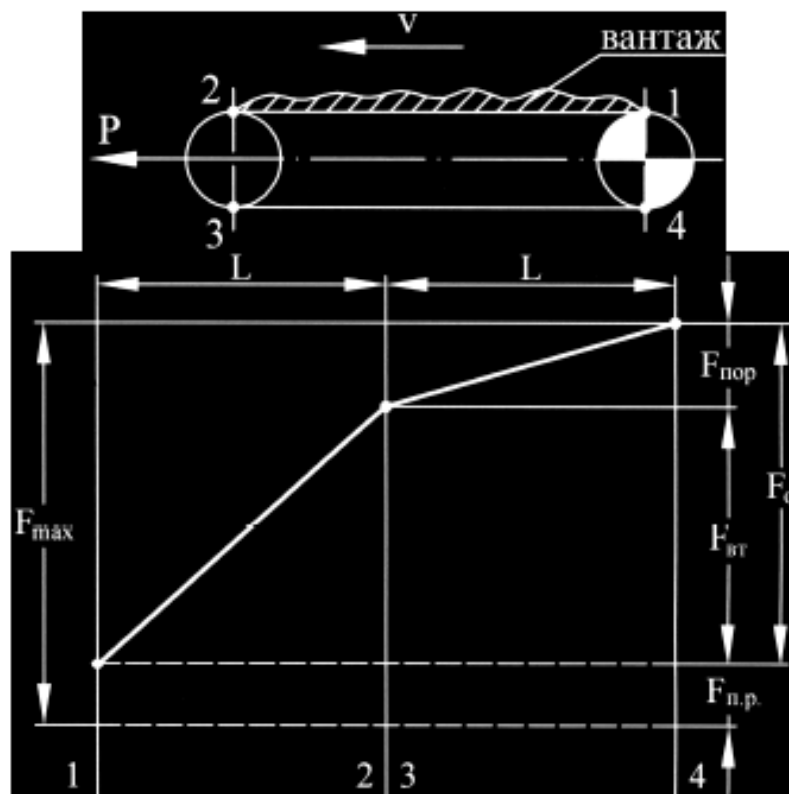


Рисунок 6.2 – Діаграма натягу ланцюга, коли привод розташований у хвості конвеєра

Натяги для привода у хвості конвеєра визначають так:

$$F_1 = F_{np} = \text{кН.}$$

$$F_2 = F_3 = F_{вт} + F_{np} = \text{кН.}$$

$$F_4 = F_{\max} = \text{кН.}$$

Реакція в кінцевих блоках

$$P = 2F_2 = \text{кН.}$$

3.3 Визначити максимальний натяг ланцюга скребкового конвеєра, коли привод розташований угорі, відповідно до даних таблиці 6.3 (рисунок 6.3).

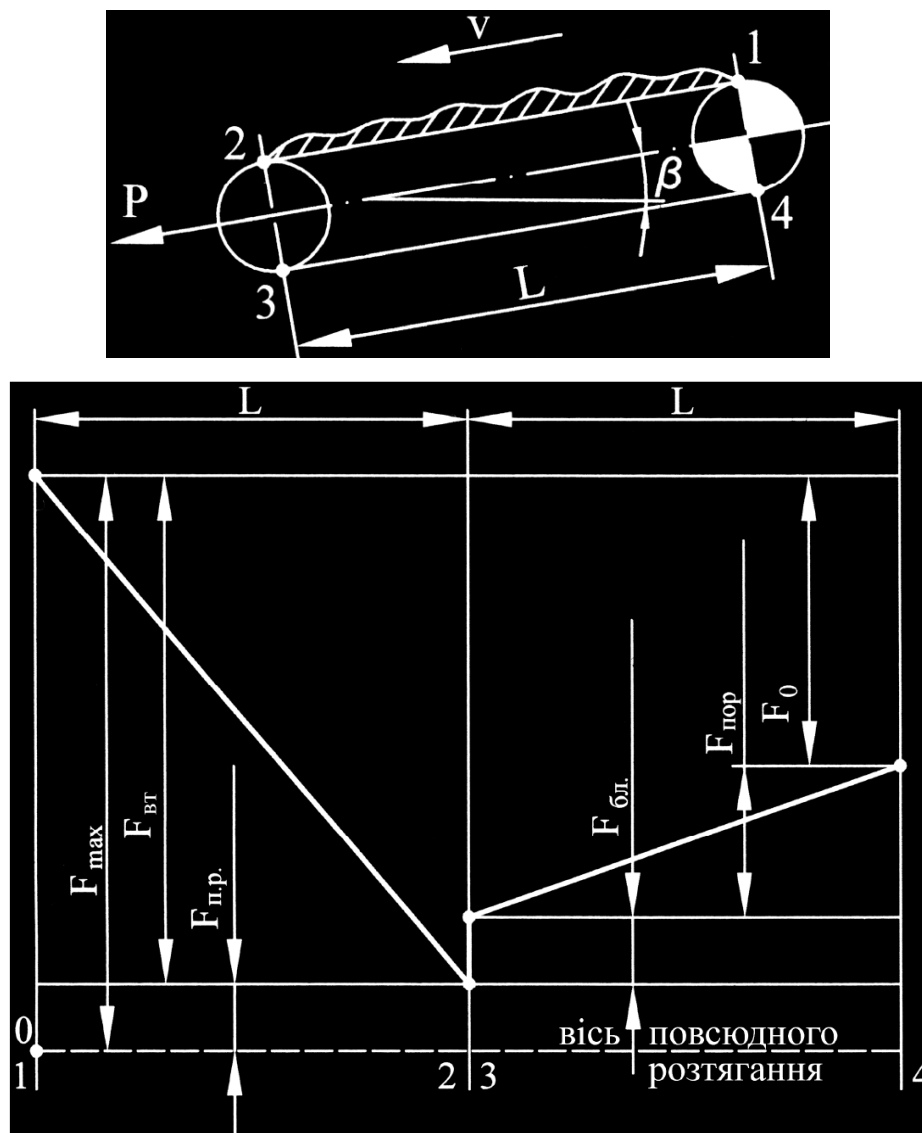


Рисунок 6.3 – Діаграма натягу ланцюга, коли привод розташований угорі

$$F_{\text{бл.}} = F_{\text{пр}}(k_n - 1) = \text{кН.}$$

$$F_{зб} = F_1 = F_{\max} = F_{np} + F_{em} = \text{кН.}$$

$$F_2 = F_{np} = \text{кН.}$$

$$F_3 = F_2(k_n - 1) + F_2 = \text{кН.}$$

$$F_4 = F_{нб} = F_3 + F_{пор} = \text{кН.}$$

Тягове зусилля привода

$$F_0 = F_{нб} - F_{зб} = \text{кН.}$$

Реакція біля кінцевої зірочки від натягу ланцюга

$$P = F_2 + F_3 = \text{кН.}$$

Контрольні запитання

- 1 Що таке скребковий конвеєр і яке його основне призначення?
- 2 Як здійснюється переміщення вантажу в скребковому конвеєрі?
- 3 Які вантажі транспортують за допомогою скребкового конвеєра?
- 4 Де застосовують скребкові шахтні конвеєри?
- 5 Чому скребкові конвеєри вважають придатними для складних умов у підготовчих забоях?
- 6 У яких випадках скребкові конвеєри є єдиним засобом транспорту?
- 7 Який основний недолік способу транспортування вантажу в скребкових конвеєрах?
- 8 Які переваги забезпечують широке застосування скребкових конвеєрів?
- 9 Як класифікують скребкові конвеєри за призначенням?
- 10 Які основні параметри враховують під час експлуатаційних розрахунків вибійних скребкових конвеєрів?

Практична робота 7

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ЗАСОБІВ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

1 Вихідні дані

Вихідні дані наведені в таблицях 7.1-7.3.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для визначення розрахункового вантажопотоку

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Змінна продуктивність $Q_{зм}$, т/змін	600	450	500	510	475	620	635	550	610	700
Час зміни $t_{зм}$, год	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7
Коефіцієнт машинного часу k_m	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,6	0,7
Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку k	1,8	1,6	1,1	1,8	1,7	1,3	1,5	1,2	2	1,3
Швидкість конвеєра V , м/с	0,1	2,0	1,5	0,2	3,0	0,8	3,4	1,7	2,8	1,9

Таблиця 7.2 – Вихідні дані для визначення мінімального натягу стрічки для зчеплення та потужності кожного двигуна двобарабанного привода стрічкового конвеєра

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Загальне тягове зусилля привода (обох барабанів) $F_{н-з}$, кН	150	200	250	160	170	190	185	165	210	180
Коефіцієнт тертя стрічки по барабану f	0,3	0,2	0,15	0,25	0,35	0,4	0,1	0,23	0,29	0,18
Кут обхвату першого та другого барабанів α , град	210	200	180	215	190	185	210	185	190	200
Запас тягової здатності привода k_m	1,15	1,13	1,11	1,19	1,12	1,05	1,07	1,08	1,2	1,25
Частка другого барабана в передачі зусилля δ_2	0,5	0,45	0,6	0,55	0,45	0,35	0,5	0,55	0,6	0,5
Швидкість стрічки v , м/с	2,5	2,7	2,8	2,6	3,0	3,5	2,0	2,2	2,3	2,4
ККД двигуна η	0,87	0,9	0,85	0,86	0,91	0,75	0,83	0,82	0,79	0,9

Таблиця 7.3 – Вихідні дані для визначення оптимального місця розташування натяжної станції стрічкового конвеєра

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мінімальний натяг стрічки F_{np} , кН	5	10	15	20	12	17	6	8	11	7
Тягове зусилля привода F_{n-3} , кН	70	80	100	120	75	85	90	95	105	110
Сила тяги для переміщення навантаженої гілки F_{3-4} , кН	100	220	180	225	190	185	195	130	145	165

2 Завдання

1 Визначити розрахунковий вантажопотік, розрахункову лінійну (погонну) масу вантажу.

2 Визначити мінімальний натяг стрічки для зчеплення та потужність кожного двигуна двобарабанного привода стрічкового конвеєра із самостійними для кожного барабана двигунами.

3 Визначити оптимальне місце розташування натяжної станції стрічкового конвеєра за умови мінімального зусилля в ній.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

Стрічковий конвеєр – пристрій безперервної дії з об'єднаним вантажонесучим і тяговим органом у вигляді замкнутої стрічки. Стрічка приведена в рух силою тертя між нею та приводним барабаном, опирається по всій довжині на стаціонарні роликові опори [1-4].

Стрічковий конвеєр є найбільш поширеним типом транспортуючих машин, він служить для переміщення насипних або штучних вантажів. Застосовують на промислових виробництвах, у рудниках і шахтах, сільському господарстві. Залежно від властивостей і природи вантажу, що переміщують, кут нахилу робочої сторони стрічки може бути встановлений до 90° . Часто конвеєрна стрічка є однією з частин транспортуючого пристрою. Наприклад, зерноавантажувач, що застосовується на механізованому струмі для збору зернової маси з

майданчика, має щіткові скребки, далі зерно піднімається норією і потрапляє на стрічковий конвеєр, який закидає зерно в кузов вантажного автомобіля.

За галуззю застосування, конструкцією і параметрами підземні стрічкові конвеєри поділяють на п'ять груп:

- стрічкові конвеєри для примикальних до лав транспортних виробок із кутами нахилу 3-6°;

- горизонтальні і слабопохилі виробки;
- похил із кутом до 18°;
- бремсберг із кутом до 16°;
- похилі стовбури і схили з кутом 3-18°.

Граничний кут нахилу стрічкових конвеєрів для рядового вугілля 20°, для дроблених руд – до 25°.

Кар'єрні стрічкові конвеєри за конструкцією поділяють на вибійні, відвальні, передавальні і стаціонарні магістральні. Крім того, вони є складовою деяких кар'єрних агрегатів у складі роторних і ланцюгових екскаваторів, відвалоутворювачів, транспортно-відвальних мостів, перевантажувачів.

Експлуатаційні розрахунки звичайно виконують для вибору типу конвеєра або перевірки відомого конвеєра на задану продуктивність і довжину; розрахунку та вибору стрічки – основного дорогого, що зазнає інтенсивного зносу, елемента конвеєра; перевірки привода на тягову здатність і потужність; в окремих випадках – для вибору засобів створення натягу стрічки та ін. [7].

Чим більше продуктивність і менше довжина, тим ефективнішим є застосування стрічкових конвеєрів. Основним недоліком вважають неможливість застосування в шахті за кутів нахилу більше 16-20°. Досить високі показники за питомими енерговитратами має стрічковий конвеєр,

що обслуговує нерівномірний вантажопотік (із коефіцієнтом нерівномірності $\kappa = 1,5$ і більше).

3.1 Визначити розрахунковий вантажопотік і розрахункову лінійну (погонну) масу вантажу відповідно до даних таблиці 7.1.

Розрахунковий вантажопотік

$$Q_p = \frac{Q_{зм} \cdot k}{t_{зм} \cdot k_m} = \quad \text{т/год.}$$

Розрахункова лінійна (погонна) маса вантажу

$$q_p = \frac{Q_p}{3,6 \cdot v} = \quad \text{кг/м.}$$

3.2 Визначити мінімальний натяг стрічки для зчеплення та потужність кожного двигуна двобарабанного привода стрічкового конвеєра із самостійними для кожного барабана двигунами відповідно до даних таблиці 7.2.

Мінімальне значення натягу для зчеплення

$$F_{зч} = \frac{F_{н-з} \cdot \delta_2 \cdot k_m}{e^{f \cdot a} - 1} = \quad \text{кН.}$$

Потужність двигуна

$$N_1 = N_2 = \frac{F_{н-з}' \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \quad \text{кВт.}$$

3.3 Визначити оптимальне місце розташування натяжної станції стрічкового конвеєра за умови мінімального зусилля в ній відповідно до даних таблиці 7.3 (рисунки 7.1, 7.2).

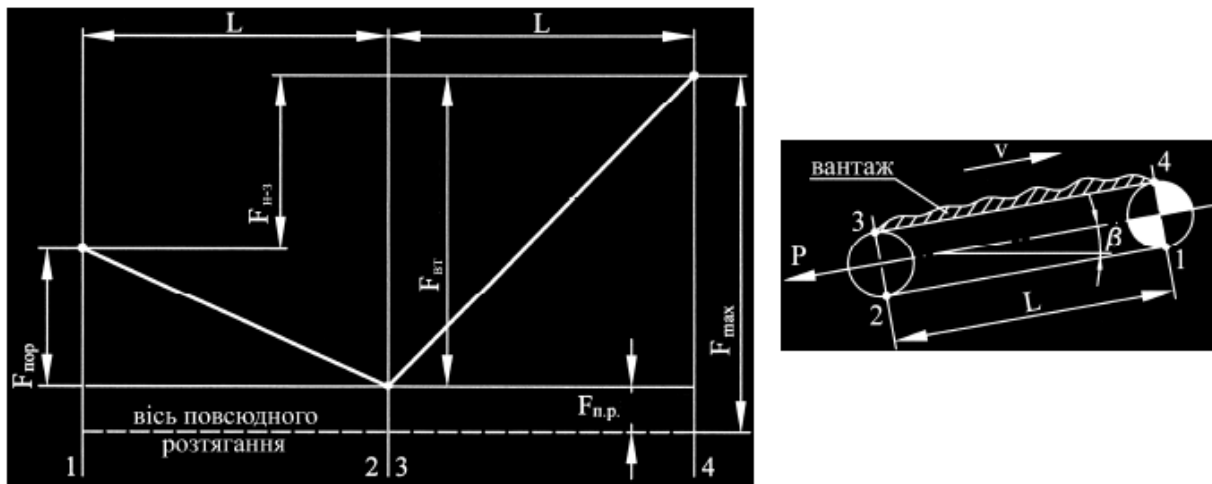


Рисунок 7.1 – Діаграма натягу стрічки, коли привод розташований у голові конвеєра

Натяги для приводу в голові конвеєра

$$F_{1-2} = F_{2-3} - F_{3-4} = \text{кН.}$$

$$F_1 = F_{np} + F_{1-2} = \text{кН.}$$

$$F_3 \approx F_2 = F_{np} = \text{кН.}$$

$$F_4 = F_3 + F_{3-4} = \text{кН.}$$

Зусилля в натяжній станції

$$P = 2F_2 = \text{кН.}$$

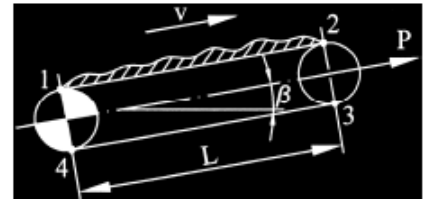
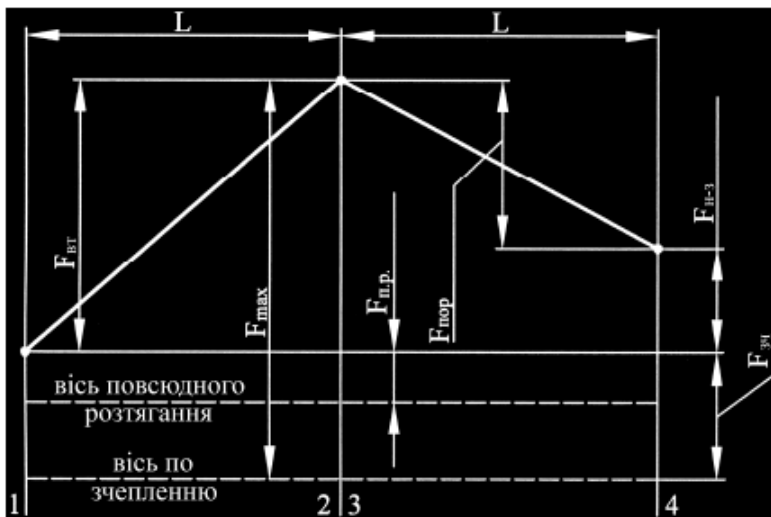


Рисунок 7.2 – Діаграма натягу стрічки, коли привод розташований у хвості конвеєра

Натяги для привода у хвості конвеєра

$$F_{1-2} = F_{3-4} = \quad \text{кН.}$$

$$F_1 = F_{np} = \quad \text{кН.}$$

$$F_3 \approx F_2 = F_{max} = \quad \text{кН.}$$

$$F_4 = F_{н-з} + F_{np} = \quad \text{кН.}$$

$$F_0 = F_{н-з} = \quad \text{кН.}$$

Зусилля в натяжній станції

$$P = 2F_2 = \quad \text{кН.}$$

Контрольні запитання

- 1 Дайте характеристику стрічковому конвеєру.
- 2 Яку основну функцію виконує стрічковий конвеєр?
- 3 За рахунок чого приводиться в рух конвеєрна стрічка?
- 4 Де найчастіше застосовують стрічкові конвеєри?
- 5 Які види вантажів можуть транспортувати стрічкові конвеєри?

6 На які групи поділяють підземні стрічкові конвеєри і за якими ознаками?

7 Як класифікують кар'єрні стрічкові конвеєри за конструкцією?

8 Який граничний кут нахилу стрічкового конвеєра для транспортування вугілля та руди?

9 З якою метою виконують експлуатаційні розрахунки стрічкових конвеєрів?

10 Переваги та недоліки стрічкових конвеєрів.

Практична робота 8
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ ЗАСОБІВ
ГРАВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

1 Вихідні дані

Вихідні дані наведені в таблицях 8.1, 8.2.

Таблиця 8.1 – Вихідні дані для визначення мінімального кута і максимального значення коефіцієнта опору руху вантажу, за якого можливе самопливне транспортування, продуктивності гравітаційного транспорту

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коефіцієнт тертя f	0,1	0,15	0,2	0,3	0,35	0,25	0,4	0,22	0,27	0,33
Кут нахилу площини β , град	15	6	10	9	12	20	14	8	11	18
Теоретична площа перерізу вантажу $S_{т.вт}$, м ²	0,2	0,22	0,3	0,01	0,09	0,4	0,02	0,05	0,25	0,45
Коефіцієнт заповнення ψ	0,7	0,3	0,5	0,6	0,45	0,55	0,65	0,4	0,42	0,33
Щільність вантажу ρ , т/м ³	1,2	1,6	1,1	1,2	1,5	1,3	1,4	1,55	1,65	1,25
Швидкість витікання вантажу V , м/с	0,03	0,3	0,1	0,2	0,15	0,25	0,23	0,09	0,18	0,22

Таблиця 8.2 – Вихідні дані для визначення постійної сили гальмування, необхідної для зупинки вантажу

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса вантажу m , кг	200	300	500	230	375	189	240	312	215	278
Час t , с	10	7	9	11	16	14	15	19	8	6
Постійна швидкість руху вантажу V_n , м/с	3	4	6	7	9	8	5	10	2	3
Коефіцієнт опору руху ω	0,1	0,15	0,2	0,1	0,3	0,17	0,25	0,4	0,33	0,41
Кут нахилу площини β , град	15	9	10	16	11	18	13	17	20	14

2 Завдання

1 Визначити мінімальний кут, за якого можливе самопливне транспортування.

2 Визначити максимальне значення коефіцієнта опору руху вантажу, за якого можливе самопливне транспортування.

3 Визначити продуктивність гравітаційного транспорту.

4 Визначити постійну силу гальмування, необхідну для зупинки вантажу.

3 Методичні вказівки для виконання практичної роботи

Гравітаційний (самопливний) транспорт – різновид транспорту, рух яким здійснюваний по похилих поверхнях і вертикальних гірничих виробках за дії гравітаційних сил [1-4].

Гравітаційне (самопливне) транспортування здійснюване скочуванням чи сповзанням (ковзанням) вантажу по похилій площині (грунт, дерев'яні настили, металеві листи, закриті чи відкриті жолоби, труби, похилі рольганги, гірничі виробки (скати), східчасті (каскадні) і гвинтові спуски) або падінням по вертикалі (гезенк, каскадний спуск) за дії сили ваги чи її складової (похилі площини). Кожна з цих форм руху гірничої маси має свої закономірності, що впливає на продуктивність (пропускну здатність), зношення пристроїв, подрібнення вантажу, зависання (утворення пробок).

Позитивними якостями гравітаційного транспорту є простота, висока продуктивність, відсутність електромеханічного устаткування, можливість використання транспортних виробок для накопичення вантажу (бункеризація), відносна дешевизна.

Недоліки: знос транспортних пристроїв і виробок, подрібнення вантажу, залежність роботи від властивостей вантажу, вологості, кліматичних умов.

До гравітаційного транспортування вдаються на багатоповерхових складах, у ливарних, механічних та інших цехах, у шахтах. У шахтах гравітаційне транспортування широко застосовують для доставлення у вибоях, для спуску по скатах, пічках, гезенках та ін., у технологічному комплексі поверхні шахти і на збагачувальних фабриках – для передавання вантажів із верхніх поверхів на нижні, для підведення до комірок бункерів і технологічних агрегатів, для спрямування потоку сипких матеріалів на навантажувальних і перевантажувальних пунктах.

3.1 Визначити мінімальний кут, за якого можливе самопливне транспортування, відповідно до даних таблиці 8.1.

Відомо, що якщо $\operatorname{tg}\beta = f_{кз}$ ($f_{кз}$ – коефіцієнт тертя ковзання), тіло на похилій площині або нерухоме (якщо $f_{сн} > f_{кз}$), або рухається (якщо воно до цього рухалося) із постійною швидкістю. Мінімальні значення кутів, для яких задані коефіцієнти тертя ковзання, дорівнюють кутам, тангенс яких дорівнює f , тобто

$$\beta = \operatorname{arctg} f =$$

3.2 Визначити максимальне значення коефіцієнта опору руху вантажу, за якого можливе самопливне транспортування, відповідно до даних таблиці 8.1.

Коефіцієнт опору руху вантажу дорівнює

$$\omega_{\max} = \operatorname{tg}\beta =$$

3.3 Визначити продуктивність гравітаційного транспорту відповідно до даних таблиці 8.1.

$$Q_m = 3600 \cdot S_{m.вм} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v = \quad \text{т/год.}$$

3.4 Визначити постійну силу гальмування, необхідну для зупинки вантажу, відповідно до даних таблиці 8.2.

Сам вантаж рухався би прискорено, тому його «утримує» канат на швидкості V_n силою

$$F_k = mg \cdot \sin \beta - \varpi \cdot mg \cdot \cos \beta = \quad \text{Н.}$$

Для повної зупинки через час t (рівносповільнений рух) уповільнення

$$a = \frac{V_n}{t} = \quad \text{м/с}^2,$$

а додаткова сила за рахунок інерції дорівнює

$$F_{in} = ma = \quad \text{Н.}$$

Натяг каната протягом часу t дорівнює

$$F_{к1} = F_k + F_{in} = \quad \text{Н.}$$

Контрольні запитання

- 1 Дайте визначення поняття «гравітаційний (самопливний) транспорт».
- 2 Як відбувається гравітаційне транспортування вантажів?
- 3 Які існують основні форми руху вантажу за самопливного транспортування?
- 4 Як різні форми руху впливають на продуктивність і зношення обладнання?
- 5 Які позитивні якості має гравітаційний транспорт?
- 6 Які основні недоліки гравітаційного транспортування?
- 7 У яких галузях і умовах застосовують гравітаційний транспорт?
- 8 Як визначають мінімальний кут, за якого можливе самопливне транспортування?
- 9 Як визначають продуктивність гравітаційного транспорту?
- 10 Як визначають постійну силу гальмування, необхідну для зупинки вантажу, за гравітаційного транспортування?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Міренський І. Г., Ковалевський С. Г. Промисловий транспорт: навч. посіб. Харків: ХНАДУ, 2015. 143 с.
- 2 Транспорт на гірничих підприємствах: підруч. для вузів / ред. М. Я. Біліченко; Нац. гірн. ун-т. Вид. 3-тє перероб. та доп. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2005. 636 с.
- 3 Біліченко М. Я., Денищенко О. В. Основи теорії та розрахунки засобів транспортування вантажів шахт: навч. посіб. Вид. 2-ге, перероб. і доп. Дніпропетровськ: НГУ, 2008. 104 с.
- 4 Білозьоров А. В., Парфененко Л. С. Рудниковий транспорт: підруч. для студ. вищ. навч. закл. Київ: Каравела, 2004. 253 с.
- 5 Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Донецьк: Донбас, 2007. Т. 2. 670 с.
- 6 Васілевський О. М., Поджаренко В. О. Нормування показників надійності технічних засобів: навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2010. 129 с.
- 7 Салов В. О. Основи експлуатаційних розрахунків транспорту гірничих підприємств: навч. посіб. Дніпропетровськ: НГУ, 2005. 199 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання практичних робіт

з освітнього компонента

«ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ ПРОМИСЛОВОГО ТРАНСПОРТУ»

для здобувачів вищої освіти спеціальності

Л7 «Залізничний транспорт» денної форми здобуття освіти

Відповідальна за випуск Шапатіна О. О.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 06.05.2026 р.

Умовн. друк. арк. 3,0. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.