

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК ЗАДАЧ
З ДИСЦИПЛІНИ “ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТРАНСПОРТУ”

Навчальний посібник

Дніпропетровськ
2007

УДК 622.61(075.8)
ББК 33.16
З-41

*Затверджено до видання
навчально-методичним управлінням університету*

Рецензенти:

В.І. Самуся, завідувач кафедри гірничої механіки Національного гірничого університету, д.т.н., професор;

О.С. Пригунов, старший науковий співробітник ІГТМ НАН України ім. М.С. Полякова, д.т.н., професор

З-41 **Збірник** задач з дисципліни “Основи теорії транспорту”: Навч. посібник / М.Я. Біліченко, Є.А. Коровяка, П.А. Дьячков, В.О. Расцветаев. – Д., Національний гірничий університет, 2007. – 151 с.

Навчальний посібник містить задачі, пов’язані з експлуатацією транспорту гірничих підприємств, варіанти їх рішень і довідкову інформацію, що дозволяє самостійно вирішувати запропоновані та складати аналогічні задачі.

Для студентів напряму 0903 “Гірництво”. Посібник може бути корисним також викладачам при складанні домашніх індивідуальних завдань, білетів і тестів поетапного (поблочного) та кінцевого діагностування знань.

УДК 622.61(075.8)
ББК 33.16

© Біліченко М.Я., Коровяка Є.А., Дьячков П.А. та ін., 2006
© Національний гірничий університет, 2006

Зміст

Вступ	5
І З а д а ч і	
1 Насипні вантажі гірничих підприємств.....	6
1.1. Кускуватість.....	6
1.2. Щільність. Вологість.....	8
1.3. Абразивність.....	12
2 Показники надійності.....	13
3 Вантажопотік. Продуктивність. Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку.....	18
4 Сила тяги для переміщення зосереджених і розподілених вантажів. Натяг гнучкого тягового органа.....	42
5 Тягові зусилля привідних блоків. Реалізація сили тяги.....	51
6 Потужність двигуна.....	61
7 Самопливний (гравітаційний) транспорт.....	66
8 Скребковий конвеєр.....	68
9 Стрічковий конвеєр.....	74
10 Електровозна відкатка.....	85
11 Канатна відкатка.....	91
12 Планування рейкових колій.....	93
І І Д о д а т о к	
А Довідкові матеріали (таблиці)	
1 Алфавіти.....	103
2 Основні позначення.....	104
3 Утворення кратних і дольніх одиниць.....	105
4 Співвідношення між одиницями роботи й енергії.....	106
5 Співвідношення між одиницями потужності.....	106
6 Основні фізичні величини та їх розмірність.....	106
7 Характеристики вантажів, що транспортуються.....	107
8 Конвеєри з шириною стрічки 800 мм для транспортування гірської маси крупністю кусків вугілля до 300 мм і породи до 150 мм (2 таблиці).....	108
9 Конвеєри з шириною стрічки 1000 мм для транспортування гірської маси крупністю кусків вугілля до 500 мм і породи до 300 мм (2 таблиці).....	110
10 Конвеєри з шириною стрічки 1200 мм для транспортування гірської маси крупністю кусків вугілля до 500 мм і породи до 300 мм (2 таблиці).....	112
11 Дільничні конвеєри за ГОСТ 28628-90.....	113
12 Магістральні конвеєри за ГОСТ 28628-90.....	113
13 Маса (розрахункова) конвеєрних стрічок (ГОСТ 20-85).....	114
14 Геометричні та міцнісні параметри гумотросових конвеєрних стрічок, що випускають в об'єднанні "Кривбасзалізорудком".....	114
15 Рекомендовані діаметри роликів.....	115
16 Відстань між роликами на навантаженій гілці.....	115

17	Маса рухомих частин роликоопор (5 таблиць).....	115
18	Значення коефіцієнтів опору руху стрічки по роликоопорах ω	116
19	Значення тягового фактора приводу.....	117
20	Значення швидкості руху рекомендованого стрічкового конвеєра.....	117
21	Коефіцієнт c , що враховує додатковий опір.....	117
22	Характеристика скребкових конвеєрів.....	118
23	Характеристика ланцюга скребкового конвеєра.....	119
24	Коефіцієнт зчеплення за даними О.О. Ренгевича.....	119
25	Характеристика шахтних електровозів.....	120
26	Вагонетки шахтні.....	121
27	Вагони рудні.....	122
28	Питомий опір руху вагонеток.....	122
29	Характеристика ДКН.....	122
30	Стрілкові переводи.....	123
31	Таблиця Брадїса.....	124
	Б Рисунки	
1	Схема шахтних стрілкових переводів	125
2	Основні розміри вагонетки.....	125
3	Типи діаграм натягу стрічки на похилих стрічкових конвеєрах	126
4	Зміна вигляду діаграми натягу стрічки навантаженого бремсбергового конвеєра.....	127
5	Схеми до визначення розрахункової довжини конвеєрів із непрямолінійними профілями.....	128
	В Домашні завдання	
1.1.	Гранулометричний склад насипних вантажів шахт.....	129
1.2.	Щільність і вологість насипних вантажів шахт.....	130
2.1.	Надійність транспортної машини і послідовного ланцюга машин.....	131
3.1.	Продуктивність транспортних засобів безперервної дії.....	132
3.2.	Продуктивність транспортних засобів періодичної дії	133
3.3.	Резерв продуктивності транспортних засобів.....	134
4.1.	Сила тяги для переміщення зосереджених вантажів.....	135
4.2.	Сила тяги для переміщення розподілених вантажів на криволінійних ділянках.....	136
5.1.	Діаграма натягу гнучкого тягового органа.....	137
6.1.	Розрахункова потужність двигуна.....	138
12.1.	Розрахунок планування рейкових колій.....	139
	Г Приклади рішення домашніх завдань.....	142
	Рекомендована література.....	151

Вступ

Мета практичних занять:

- розібратися, зрозуміти і частково вивчити напам'ять основні положення, визначення, алгоритми рішень, що висвітлюються в курсі;
- навчитися вирішувати ситуативні навчальні задачі, подібні до тих, які фахівець може зустріти в своїй діяльності;
- навчитися застосовувати при рішенні задач суміжні дисципліни і переконатися в необхідності збереження в пам'яті їх основних положень.

Заняття готується викладачем таким чином, щоб студент чітко розумів, що задано, а що потрібно визначити, що потрібно шукати в довідковій літературі, а що треба знати напам'ять.

Бажаною є умова, щоб на практичні заняття студенти приходили з заздалегідь опрацьованим лекційним матеріалом по темі. Для цього на кожному практичному занятті повідомляється тема наступного.

Для вирішення завдань на практичних заняттях студент повинен мати окремий зошит або вести записи в зошит (із зворотного боку), де він веде конспект по лекційному курсу. З цим зошитом він приходить на іспит і, у разі потреби, пояснює раніше вирішені завдання. Проведення контрольних заходів без цього зошита не рекомендується.

На кожному занятті студент отримує індивідуальне завдання додому по темі цього заняття, розраховане на витрати часу до однієї години. Завдання виконується на окремих підписаних листках, які здаються викладачеві на початку кожного заняття і є звітом про попередні практичні заняття. В кінці семестру викладач повертає студентові його виконані та оцінені завдання.

Подані можливі варіанти рішення задач дозволяють використовувати даний посібник для самостійного засвоєння курсу шляхом детального вивчення умов завдань, їх рішень, а також самостійного складання й рішення аналогічних задач.

Посібник рекомендується для використання викладачам при складанні домашніх індивідуальних завдань, білетів, тестів поетапного (поблочного) і кінцевого діагностування знань і умінь, а студентам – при самостійному вивченні курсу.

І. Завдання

1. Насипні вантажі гірничих підприємств

Перелік основних параметрів, що характеризують властивості вантажу: кускуватість, щільність у насипці, кут природного укосу й кут укосу в русі, відносна вологість, абразивність, липкість, пилоутворення, вибухонебезпечність, здатність до самозаймання. Останні чотири параметри при рішенні транспортних завдань чисельного вираження звичайно не мають, тому тут не наведені.

1.1. Кускуватість

У транспорті поняття “кускуватість” використовується при виборі ширини стрічки конвеєра, визначенні розмірів випускних отворів бункерів і рудоспусків, проектуванні завантажувальних воронки і вагонних перекривачів у пунктах завантаження вагонеток, проектуванні транспортних жолобів на збагачувальних фабриках, поверхневих комплексах шахт та ін.

Розміром куска (мм) незалежно від форми вважається його максимальний розмір. Самі куски вимірюються рідко, а розміри одержують за результатами просівання (грохочення). Оскільки будь-яка насипка (проба, порція) сипучого вантажу має куски різного розміру, при виборі й розрахунках засобів транспорту для характеристики кускуватості таких вантажів приймається один (характерний, розрахунковий) розмір куска (кускуватість) – a_{max} або $0,8a_{max}$ для рядового й a_{cp} для сортового вантажів.

1.1.1. Визначити необхідні для рішення транспортних завдань розміри кусків (кускуватість) за результатами класифікації (грохочення), наведеної у таблиці 1.1.1.

Таблиця 1.1.1

Розміри класів по крупності в пробі, мм		Маса кожного класу, кг (по варіантах)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вся проба	150-140	20	3	35	–	32	–	25	10	8	10
	141-130	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	–	–

Пояснення до рішення.

Спочатку визначається категорія 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 й найменшого кусків у пробі.

Для рядових вантажів:

– визначається маса кусків розміром від a_{max} до $0,8a_{max}$;

– по співвідношенню цієї маси до загальної маси проби встановлюється характерний розмір куска. Він дорівнює a_{max} , якщо маса кусків від a_{max} до $0,8a_{max}$ дорівнює або більше 10% маси проби, або $0,8a_{max}$, якщо ця маса менше 10%.

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

У розрахунках часто індекси біля розміру a не ставлять, а говорять: рядовий кускуватістю a , сортований кускуватістю a .

1.1.1.

Проба, що містить всі 5 класів (від 150 до 1 мм) – рядовий вантаж, а та, що включає перші 3 класи (150-100 мм) – сортований, тому що

$$\frac{150}{1} = 150 > 2,5, \quad \text{а} \quad \frac{150}{100} = 1,5 \leq 2,5.$$

Проба за вар. 1 (табл. 1.1.1) – рядовий вантаж. Його кускуватість визначається так: маса кусків розміром від 150 мм до $0,8 \times 150$, тобто від 150 мм до 120 мм, дорівнює не менш 50 кг (клас 150-130). При загальній масі проби 125 кг великих кусків від a_{max} до $0,8 a_{max}$ – не менш 40%, що набагато більше нормативних 10%. Таким чином, проба за вар. 1 має кускуватість 150 мм, тобто розмір найбільшого куска $a_{max} = 150$ мм.

Аналогічно за вар. 2 – вантаж рядовий, характерний розмір куска $a_{xcp} = 0,8 a_{max} = 150 \times 0,8 = 120$ мм.

За вар. 3 – вантаж сортований, середній розмір куска $\frac{150+100}{2} = 125$ мм.

Аналогічно за вар. 4 – вантаж рядовий з $a_{max} = 141$ мм, а за вар. 6 – вантаж сортований, середній розмір куска $a_{cp} = \frac{141+100}{2} = 120,5$ мм.

1.1.2. Приймавши кожний клас із табл. 1.1.1, де маса не менш 10 кг, за окрему пробу, визначити, чи належить вона до категорії сортованих або рядових вантажів, а також обчислити розрахункові розміри кускуватості кожного класу (проби). Вся маса класу розподілена рівномірно між групами кусків, що відрізняються за розміром на 5 мм одне від одного.

1.1.2.

Приймавши як приклад клас 129-100 мм із таблиці 1.1 за окрему пробу (вар. 1), визначаємо, що ця проба відноситься до сортованого вантажу, тому що

$$\frac{129}{100} = 1,29 < 2,5; \quad \text{звідки} \quad a_{cp} = \frac{129+100}{2} = 115 \text{ мм.}$$

1.1.3. Які граничні розміри кускуватості (характерні розміри) допускаються на стрічкових конвеєрах для а) рядових і б) сортованих вантажів при ширині стрічки: 800, 1000, 1200 мм, якщо $B_{min} = 3,3 a_{cp} + 200$ мм для сортованих вантажів і $B_{min} = 2 a_{max} + 200$ мм для рядових вантажів?

1.1.3.

Граничні розміри кускуватості на стрічковому конвеєрі при ширині стрічки 800 мм:

– для сортованих вантажів:

$$a_{cp} = \frac{B_{min} - 200}{3,3} = \frac{800 - 200}{3,3} = 182 \text{ мм.}$$

– для рядових вантажів:

$$a_{\max} = \frac{B_{\min} - 200}{2} = \frac{800 - 200}{2} = 300 \text{ мм.}$$

Аналогічні обчислення робляться для будь-якої ширини стрічки.

1.2. Щільність. Вологість

Щільність ρ – маса в одиниці об'єму, звичайно т/м^3 . Її величина визначена властивостями самої породи та її вологістю. Розрізняють щільність у масиві й у розпушеному стані.

Відносна вологість W визначається як відношення різниці щільності вологого й сухого вантажу до щільності в'язного – $W = \frac{\rho_{\text{в'яз}} - \rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{в'яз}}}$.

1.2.1. Визначити масу й 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 1.2.1.

Таблиця 1.2.1

№	Вихідні дані	Варіанти								
		70	80	90	110	85	120	130	140	150
1	Довжина ділянки l , м	70	80	90	110	85	120	130	140	150
2	Форма жолоба*	1	2	3	4	1	2	3	4	4
3	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	$h=0,2$ 0,5 і 0,3
4	Коефіцієнт заповнення перерізу жолоба ψ	0,7	0,9	0,7	1	0,6	1,1	1,2	1	0,7
5	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
6	Вологість W , %	5	10	7	5	10	10	7	5	5

* 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 .

1.2.1. (Вар. 1, але із квадратним перерізом жолоба, $a = 0,25$ м):

– площа перерізу жолоба $S_{\text{жс}} = 0,25 \times 0,25 = 0,625 \text{ м}^2$;

– площа перерізу вантажу $S_{\text{вн}} = S_{\text{жс}} \cdot \psi = 0,625 \times 0,7 = 0,4375 \text{ м}^2$.

Тут теоретична (максимальна) площа перерізу вантажу прийнята рівною геометричній площі перерізу жолоба.

Визначається:

– щільність вологого вантажу $\rho_{\text{в'яз}} = \rho_{\text{н}} / (1 + W) = 0,85 / (1 + 0,05) = 0,805 \text{ т/м}^3$;

– лінійна (погонна) маса вологого вантажу $q_{\text{в'яз}} = S_{\text{вн}} \cdot \rho_{\text{в'яз}} = 0,4375 \cdot 0,805 \cdot 1000 = 352,1 \text{ кг/м}$;

– лінійна (погонна) маса сухого вантажу $q_c = S_{\text{жс}} \cdot \psi \cdot \rho_c = 0,625 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 1000 = 37,2 \text{ кг/м}$;

– лінійна маса води у вантажі $q_{\text{в}} = q_{\text{в'яз}} - q_c = 352,1 - 37,2 = 314,9 \text{ кг/м}$;

– маса вологого вантажу на ділянці l $m_{\text{в'яз}} = q_{\text{в'яз}} \cdot l = 352,1 \cdot 70 = 24647 \text{ кг}$;

– вага вологого вантажу $G_{\text{в'яз}} = m_{\text{в'яз}} \cdot g = 24647 \cdot 9,81 = 241800 \text{ Н}$;

– маса сухого вантажу на ділянці l $m_{\text{н}} = q_c \cdot l = 37,2 \cdot 70 = 2604 \text{ кг}$;

– вага сухого вантажу $G_{\text{н}} = m_{\text{н}} \cdot g = 2604 \cdot 9,81 = 25550 \text{ Н}$;

– маса води у вантажі $m_{\text{в}} = q_{\text{в}} \cdot l = 314,9 \cdot 70 = 22043 \text{ кг}$;

– вага води у вантажі $G_{\text{в}} = m_{\text{в}} \cdot g = 22043 \cdot 9,81 = 216240 \text{ Н}$.

1.2.2. Ємність розміром $1 \times 1 \times 0,5$ м заповнена вологим сипучим вантажем вагою 5000 Н. Після висушування при температурі 105° С вага вантажу зменшилась на 500 Н. Визначити щільність вологого й сухого вантажу.

1.2.2.

Визначається:

- обсяг ємності з вантажем $V = 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ м}^3$;
- маса сухого $m_c = 450$ кг, вологого $m_{вл} = 500$ кг;
- щільність сухого $\rho_c = \frac{m_c}{V} = \frac{450}{0,5} = 900 \text{ кг/м}^3$;
- вологого $\rho_{вл} = \frac{m_{вл}}{V} = \frac{500}{0,5} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

1.2.3. Щільність сухої корисної копалини, що добувається, у масиві дорівнює $\rho = 2 \text{ т/м}^3$, а коефіцієнт розпушення k_p 1,6. Визначити щільність сухого вантажу в насипці ρ_c , а також обсяг води, що вміститься в 1 м^3 після того, як цей обсяг буде заповнений сухою гірничою масою. Яка буде щільність отриманої гірничої маси $\rho_{г.м}$?

1.2.3.

Щільність сухої розпушеної копалини, що добувається, $\rho_n = \frac{\rho_0}{k_p} = \frac{2}{1,6} = 1,22 \text{ т/м}^3$, а в

цілику $\rho_{ц} = 2 \text{ т/м}^3$, отже, у розпушеному обсяг порожнеч, заповнюваних спочатку повітрям, а потім водою, дорівнює обсягу, що займала в цілику копалина масою $m' = 2 - 1,22 = 0,78 \text{ т}$, тобто $V' = \frac{m'}{\rho_{ц}} = \frac{0,78}{2} = 0,39 \text{ м}^3$. Маса води в 1 м^3 розпушеної копалини, що добувається, $m_в = 0,39 \text{ т}$. Щільність отриманої суміші (гірничої маси) $\rho_{г.м} = 1,22 + 0,39 = 1,61 \text{ т/м}^3$.

1.2.4. Щільність вугілля в масиві дорівнює $1,4 \text{ т/м}^3$, а породи – $2,5 \text{ т/м}^3$. Яка буде щільність суміші гірничої маси з 70% вугілля й 30% породи (за обсягом), якщо коефіцієнти розпушення вугілля – 1,4, а породи – 1,6? Скільки води вміститься у вагонетку ємністю $2,2 \text{ м}^3$, попередньо повністю заповненою цією гірничою масою, і яка буде її щільність і вологість?

1.2.4.

Відома щільність у цілику вугілля $\rho_{ц.вуг} = 1,4 \text{ т/м}^3$, породи $\rho_{ц.п} = 2,5 \text{ т/м}^3$, коефіцієнт розпушення вугілля $k_{р.вуг} = 1,4$ і породи $k_{р.п} = 1,6$.

Щільність у насипці: вугілля $\rho_{вуг} = \frac{\rho_{ц.вуг}}{k_{р.вуг}} = \frac{1,4}{1,4} = 1 \text{ т/м}^3$; породи $\rho_n = \frac{2,5}{1,6} = 1,6 \text{ т/м}^3$.

Зменшення маси вугілля в 1 м^3 насипки проти маси в цілику $m' = m_{ц.вуг} - m_{р.вуг} = 1,4 - 1 = 0,4 \text{ т}$, а обсяг її порожнеч дорівнює $V' = \frac{m'}{\rho_{ц.вуг}} = \frac{0,4}{1,4} = 0,3 \text{ м}^3$.

Зменшення маси породи в 1 м^3 насипки проти маси в цілику $m'' = m_{ц.п} - m_{р.п} = 2,5 - 1,6 = 0,9 \text{ т}$, а обсяг її порожнеч дорівнює $V'' = \frac{m''}{\rho_{ц.п}} = \frac{0,9}{2,5} = 0,4 \text{ м}^3$.

Вважаємо, що коефіцієнт розпушення в суміші вугілля й породи (гірнична маса) зберігає зазначені в умові значення. Тоді гірська маса, що складається з 70% вугілля й 30% породи, в 1 м^3 містить порожнеч: $0,7 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,4 = 0,33 \text{ м}^3$, тобто в 1 м^3 гірничої маси можна помістити 330 л води (прийнято, що ємність вологого і сухого однакові).

Щільність сухої гірничої маси $\rho_{г.м} = 0,7 \cdot 1 + 0,3 \cdot 1,6 = 1,18 \text{ т/м}^3$.

Щільність гірничої маси із заповненими водою порожнечами $\rho_{зм.вл} = 1,18 + 0,33 = 1,51 \text{ т/м}^3$.

У вагонетці ємністю $2,2 \text{ м}^3$ уміститься $2,2 \cdot 0,33 = 0,726 \text{ т}$ або 726 л води й $2,2 \cdot 1,18 = 2,6 \text{ т}$ сухої маси.

$$\text{Вологість такого вантажу у вагонетці дорівнює } W = \frac{\rho_{\bar{a}.\bar{a}e} - \rho_{\bar{a}.i}}{\rho_{\bar{a}.a\bar{e}}} = \frac{1,51 - 1,18}{1,51} = 0,22 \text{ або } 22\%.$$

1.2.5. Розроблюваний пласт загальною товщиною $1,5 \text{ м}$ окрім вугілля (щільність у цілику $1,6 \text{ т/м}^3$) має два прошарки породи – один товщиною 5 см із щільністю 2 т/м^3 , другий – 10 см із щільністю $2,5 \text{ т/м}^3$. Коефіцієнт розпушення вугілля й породи $1,5$. Визначити щільність гірничої маси й масу води в 1 м^3 її обсягу, якщо її вологість 10% .

1.2.5.

– Потужності: вугілля $1,35 \text{ м}$, прошарків породи $0,05 \text{ м}$ та $0,1 \text{ м}$;

– щільність у насипці:

$$\text{вугілля } \rho_{\text{вуг}} = \frac{1,6}{1,5} = 1,07 \text{ т/м}^3; \text{ прошарків породи } \rho_{n1} = \frac{2}{1,5} = 1,33 \text{ т/м}^3 \text{ і } \rho_{n2} = \frac{2,5}{1,5} = 1,67 \text{ т/м}^3;$$

$$\text{– щільність сухої гірничої маси } \rho_{с.зм} = \frac{1,07 \cdot 1,35 + 1,33 \cdot 0,05 + 1,67 \cdot 0,1}{1,5} = 1,11 \text{ т/м}^3;$$

$$\text{– вологість гірської маси } W = \frac{\rho_{\bar{a}.a\bar{a}} - \rho_{\bar{n}.a\bar{a}}}{\rho_{\bar{a}.a\bar{a}}};$$

$$\text{– звідки } \rho_{\bar{a}.a\bar{a}} = \frac{\rho_{\bar{n}.a\bar{a}}}{1 - W} = \frac{1,11}{1 - 0,1} = 1,233 \text{ т/м}^3;$$

$$\text{В } 1 \text{ м}^3 \text{ маса води } m_g = m_{г.зм} - m_{с.зм} = 1,22 - 1,11 = 0,11 \text{ м або } 110 \text{ л}.$$

1.2.6. Розробляються три пласти вугілля потужністю $1,5, 1,2$ і $0,8 \text{ м}$ із прошарками породи товщиною $10, 7$ і 4 см відповідно. Яка буде щільність гірської маси в насипці, змішаної із трьох шарів у бункері, якщо коефіцієнт розпушення вугілля й породи дорівнює $1,5$, а швидкість посування, довжина очисних вибоїв і глибина врубу на всіх пластах однакова? Щільність у цілику вугілля – $1,5 \text{ т/м}^3$, породи – $2,4 \text{ т/м}^3$.

1.2.7. Визначити щільність вантажу в насипці за даними таблиці 1.2.2.

Таблиця 1.2.2

Варіанти	1	2	3	4	5	6
Розміри вийнятої гірської маси в масиві (прямокутн. паралелепіпед), м	$5 \times 2 \times 1,5$	$8 \times 0,8 \times 2$	$20 \times 0,6 \times 1,5$	$10 \times 2 \times 2$	$40 \times 0,6 \times 1$	$30 \times 2 \times 2$
Коефіцієнт розпушення	2	1,8	1,6	1,5	1,9	2
Маса вийнятої гірської маси, т	30	20	40	50	40	300

1.2.7. (Вар. 1)

$$\text{– Щільність у цілику } \rho_{ц} = \frac{m}{V} = \frac{30}{5 \cdot 2 \cdot 1,5} = 2 \text{ т/м}^3;$$

– щільність у насипці $\rho_{нас} = \frac{\rho_{ц}}{k_p} = \frac{2}{2} = 1 \text{ т/м}^3$, де k_p – коефіцієнт розпушення.

1.2.8. Щільність гірничої маси в насипці дорівнює $1,4 \text{ т/м}^3$, а щільність вугілля в ній – $1,0 \text{ т/м}^3$. Який відсоток (частка) породи в цій масі, якщо її щільність у цілику дорівнює $2,5 \text{ т/м}^3$, а коефіцієнт розпушення – $1,5$? Скільки породи потрібно відокремити при збагаченні від гірничої маси, щоб її щільність зменшилася до $1,1 \text{ т/м}^3$?

1.2.9. Яку щільність у цілику має корисна копалина, якщо її щільність у насипці дорівнює $1,5 \text{ т/м}^3$, а коефіцієнт розпушення – $1,5$?

1.2.9.

Визначається щільність у цілику $\rho_{ц} = \rho_{нас} \cdot k_p = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ т/м}^3$.

1.2.10. У жолоб довжиною 3 м (лоткова стрічка або аналогічний за місткістю риштак скребкового конвеєра у формі трапеції висотою 15 і сторонами 60 і 50 см) рівномірно насипаний вантаж вагою $G = 2000 \text{ Н}$ і вологістю 10% . Визначити: а) щільність вологого й сухого вантажу; б) лінійну масу вологого вантажу у жолобі; в) вагу сухого вантажу; г) масу води у вантажі.

1.2.10.

– Вантаж в цілику масою $m = \frac{G}{g} = \frac{2000}{9,81} = 204 \text{ кг}$;

– площа перерізу жолоба $S = \frac{a+b}{2} \cdot h = \frac{0,50+0,60}{2} \cdot 0,15 = 0,0825 \text{ м}^2$;

– обсяг ємності з вантажем $V_{жс} = L \cdot S = 3 \cdot 0,0825 = 0,2475 \text{ м}^3$;

– щільність вологого вантажу $\rho_{вл.вм} = \frac{m}{V_{жс}} = \frac{0,204}{0,2475} = 0,85 \text{ т/м}^3$;

– з вологості вантажу визначимо щільність сухого вантажу:

$$W = \frac{\rho_{\text{вл.вм}} - \rho_{\text{н.вм}}}{\rho_{\text{вл.вм}}} \Rightarrow \rho_{\text{н.вм}} = \rho_{\text{вл.вм}} (1 - W) = 0,85 \cdot 0,9 = 0,765 \text{ т/м}^3;$$

– лінійна маса вологого вантажу в жолобі $q = \frac{m}{L} = \frac{204}{3} = 68 \text{ кг/м}$;

– вага сухого вантажу $G_{\text{н}} = V_{\text{жс}} \cdot \rho_{\text{н.вм}} \cdot g = 0,2475 \cdot 0,765 \cdot 9,81 = 1,857 \text{ кН}$;

– маса води у вантажі $m_{\text{в}} = m_{\text{вм}} \cdot m_{\text{с.вм}} = 204 - 191 = 13 \text{ кг}$.

1.2.11. Аналогічну **1.2.10** задачу вирішити, якщо вихідні дані будуть мати значення, наведені в таблиці 1.2.3.

Таблиця 1.2.3

Вихідні дані	Варіант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Довжина жолоба, м	4	6	8	6	7	8	12	13	10	8	9	10
Вага вантажу, Н	1500	2500	3000	2000	7000	7000	2500	2000	2000	9000	10000	10000
Розміри жолоба прямокутного перерізу, см	50×30	60×40	40×30	35×15	42×28	55×30	60×20	40×15	55×25	45×25	55×20	60×15
Вологість, %	5	10	12	8	10	7	5	6	7	4	3	2

1.3. Абразивність

Абразивність – здатність вантажу стирати деталі засобів транспорту (наприклад риштаки й ланцюги скребкових конвеєрів). У розрахунках засобів транспорту абразивність можна оцінити порівнянням часу стирання елементів транспортних засобів.

1.3.1. Трьома однотипними скребковими конвеєрами № 1, 2, 3 однакової довжини переміщаються паралельно різні по абразивності вантажі Γ_1 , Γ_2 і Γ_3 . Місце завантаження – наприкінці конвеєрів (на початку транспортування). Строки служби риштаків виявилися рівними відповідно 30, 50, 20 тижнів. Зрівняйте вантажі за ступенем абразивності, якщо середня годинна продуктивність за зміну була відповідно 100, 200 і 70 т, а коефіцієнти машинного часу 0,3; 0,5; 0,7. Працюють конвеєри по 3 шестигодинні зміни в добу із двома вихідними днями в тиждень. Вважати, що зношування риштаків (характеризує абразивність) пропорційне кількості перевезеного вантажу.

Як зміниться результат, якщо в умовах завдання довжина конвеєрів відноситься як 1:1,5:2,5?

1.3.1.

Кількість вантажу, перевезена кожним конвеєром за строк його служби:

$$A_1 = 30 \times 5 \times 18 \times 0,3 \times 100 = 81000 \text{ т};$$

$$A_2 = 50 \times 5 \times 18 \times 0,5 \times 200 = 450000 \text{ т};$$

$$A_3 = 20 \times 5 \times 18 \times 0,7 \times 70 = 88200 \text{ т}.$$

Висновок: якщо зношування риштаків пропорційне кількості перевезеного вантажу, то найбільшу абразивність має вантаж 1, потім 3. Якщо довжина конвеєрів відноситься як 1:1,5:2,5, строк служби риштаків залишається колишнім, він не залежить від довжини. Тому результат (по абразивності вантажів) не змінюється.

1.3.2. Однакові по абразивності вантажі (вугілля) транспортуються двома скребковими конвеєрами однакової довжини, один з конвеєрів установлений у лаві, а інший – під лавою, як перевантажувач. Яка буде порівняльна картина (час) зношування риштаків цих конвеєрів, якщо вважати, що зношування пропорційне кількості перевезеного вантажу?

1.3.2.

Зношування риштаків перевантажувача теоретично буде однакове по всій його довжині, тому що по всіх риштаках буде переміщена достатня для зношування однакова кількість вантажу. У комбайновій же лаві до цього часу зноситься тільки один риштак (перший наприкінці транспортування). Якщо вважати, що від роботи без навантаження риштаки не зношуються, останній з них (верхня частина лави) зноситься менше всіх, тому що по ньому буде транспортуватися найменша кількість вантажу.

2. Показники надійності

Показники надійності* використовуються тут як критерії оцінки, вибору й порівняння засобів транспорту серед таких, як: продуктивність (гл. 3); граничні характеристики траси – граничні довжина транспортування й кут нахилу до горизонту, мінімальний радіус кривизни в плані й у профілі; економічність; здрібнювання вантажів під час транспортування; безпека.

Визначення: здатність (властивість) машини або спільно працюючої системи послідовно встановлених машин зберігати працездатність у часі. Єдиної одиниці виміру поняття “надійність” немає. Є кілька використовуваних величин (одичні показники), що характеризують надійність: середній час **напрацювання** на одну **відмову** $t_{\text{відм}}$; середній час **відновлення** (ремонт) $t_{\text{рем}}$; середня кількість (частота) відмов на годину $\lambda = \frac{1}{t_{\text{відм}}}$, відм/год; імовірність

безперервної роботи протягом заданого часу t , $P(t) = e^{-\lambda t}$; коефіцієнти готовності й ремонтпридатності k_g , $k_{\text{рем}}$ ($k_g + k_{\text{рем}} = 1$), що показують імовірність знаходження машини в працездатному стані або в ремонті.

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

2.1. Виконаний хронометраж роботи транспортної установки, у результаті якого зафіксовані n відрізків часу роботи від відмови до відмови й витрати часу на кожне відновлення (у годинах).

Визначити основні параметри, що характеризують надійність цього транспортного засобу шляхом обчислення значень:

- середнього часу напрацювання на одну відмову $t_{\text{відм}}$ і на одне відновлення $t_{\text{рем}}$, год;
- середньої частоти (інтенсивності) відмов λ , відм/год;
- імовірності безвідмовної роботи протягом заданого часу t , год;
- коефіцієнтів готовності й ремонтпридатності k_g , і $k_{\text{рем}}$.

Значення $t_{\text{відм}1}$, $t_{\text{відм}2}$, ... і $t_{\text{рем}1}$, $t_{\text{рем}2}$, ... (у годинах) задаються викладачем.

За зразком задачі **2.1** можна скласти завдання на групу (потік) із чисельними варіантами у вигляді таблиці.

2.1.

Визначається:

- середнє напрацювання на одну відмову й середній час одного відновлення в годинах

$$t_{\text{відм}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n t_{\text{відм}i}\right)}{n} \text{ год}, \quad t_{\text{рем}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n t_{\text{рем}i}\right)}{n} \text{ год},$$

де n – кількість послідовних вимірів;

- середня частота відмов $\lambda = \frac{1}{t_{\text{відм}}}$ відм/год;
- імовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу t $P(t) = e^{-\lambda t}$;

* Детальніше показники надійності розглянуто й визначено у чинних стандартах.

– коефіцієнт готовності й ремонтпридатності

$$k_c = \frac{t_{відм}}{(t_{відм} + t_{рем})}; \quad k_{рем} = \frac{t_{рем}}{(t_{рем} + t_{відм})}.$$

2.2. Аналіз роботи ланцюга транспортних засобів (4 од. установлені послідовно) дозволив визначити інтенсивність відмов за годину кожного з них: $\lambda_1 = 1/8$, $\lambda_2 = 1/12$, $\lambda_3 = 1/4$, $\lambda_4 = 1/6$ і середній час (у годинах) відновлення відмов кожного засобу $t_{рем1} = 2$, $t_{рем2} = 0,5$, $t_{рем3} = 1$, $t_{рем4} = 0,7$. Визначити інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову, коефіцієнт готовності всього ланцюга, а також імовірність безвідмовної роботи ланцюга протягом 1, 2, 5 і 10 годин. Як зміняться параметри надійності ланцюга, якщо машини переставити місцями? Визначити час t безперервної, безвідмовної роботи ланцюга з імовірністю, рівною 0,99, 0,75, 0,5.

2.2.

Для ланцюга послідовно працюючих машин, у припущенні, що з ладу не виходить більше однієї машини одночасно, частота відмов всього ланцюга обчислюється як сума частот відмов кожної з них

$$\lambda_{вс} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{15}{24} \text{ відм/год.}$$

Звідси визначається середній час напрацювання на відмову ланцюга

$$t_{відм.лц} = \frac{1}{\lambda_{лц}} = \frac{24}{15} = 1,6 \text{ год.}$$

Імовірність безвідмовної роботи протягом 1 години – $P(1) = e^{-\frac{15}{24} \cdot 1} = \frac{1}{e^{0,62}} = 0,54$; 2 годин – $P(2) = e^{-\frac{15}{24} \cdot 2} = \frac{1}{e^{1,24}} = 0,29$; 5 год – $P(5) = e^{-\frac{15}{24} \cdot 5} = \frac{1}{e^{3,1}} = 0,044$; 10 год – $P(10) = e^{-\frac{15}{24} \cdot 10} = \frac{1}{e^{6,2}} = 0,002$.

Коефіцієнт готовності ланцюга $k_{с.лц} = k_{с1} \cdot k_{с2} \cdot k_{с3} \cdot k_{с4}$.

Визначається $k_{с1} = \frac{t_{відм1}}{t_{відм1} + t_{рем1}} = \frac{8}{8+2} = 0,8$; $k_{с2} = \frac{t_{відм2}}{t_{відм2} + t_{рем2}} = \frac{12}{12+0,5} = 0,96$,

$$k_{с3} = \frac{t_{відм3}}{t_{відм3} + t_{рем3}} = \frac{4}{4+1} = 0,8; \quad k_{с4} = \frac{t_{відм4}}{t_{відм4} + t_{рем4}} = \frac{6}{6+0,7} = 0,9.$$

Звідки $k_{с.лц} = 0,8 \cdot 0,96 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,55$.

Час t безперервної роботи з імовірністю $P(t) = 0,99$: $0,99 = e^{-\frac{3}{8}t}$; $t_1 = 0,016$ год.

– з імовірністю 0,75: $0,75 = e^{-\frac{3}{8}t_2}$; $t_2 = 0,460$ год.

– з імовірністю 0,5: $0,5 = e^{-\frac{3}{8}t_3}$; $t_3 = 1,109$ год.

2.3. Бригада експлуатує й усуває відмови (ремонтує транспортну машину) протягом 3-х місяців. За цей час зафіксовано 10 зупинок на ремонт після відмови із сумарним часом відновлення 30 годин. Час планованих зупинок – 15 хв. за зміну. Робочий тиждень – п'ятиденка, у добу одна робоча зміна тривалістю 8 годин, 22 робочі дні на місяць. Визначити $t_{відм}$, $t_{рем}$, λ , k_c і k_p , а також імовірність $P(t)$ безвідмовної роботи машини за час t , рівний 8, 20, 40, 50 і 100 годинам. Побудувати графік $P = f(t)$.

2.3.

Кількість змінних годин за 3 місяці $t_{зм} = 3 \times 22 \times 8 = 528$ год.

Час планованих зупинок машини за 3 місяці

$$t_{пл.зуп} = 15 \text{ хв} \times 3 \text{ міс.} \times 22 \text{ дні} = 0,25 \times 3 \times 22 = 16,5 \text{ год.}$$

Сумарний час роботи й відновлення без планованих зупинок

$$t_{рв} = t_{зм} - t_{пл.зуп} = 528 - 16,5 = 511,5 \text{ год.}$$

Середній час відновлення $t_{рем} = \frac{30}{10} = 3$ год, тому що зупинок 10, а сумарний час

ремонту – 30 год.

Середній час напрацювання на відмову

$$t_{відм} = \frac{(t_{рв} - t_{рем})}{n} = \frac{(511,5 - 30)}{10} = \frac{481,5}{10} = 48,15 \text{ год.}$$

Частота відмов $\lambda = \frac{1}{t_{відм}} = \frac{1}{48,15} = 0,021$ відм/год.

Коефіцієнт готовності $k_z = \frac{t_{відм}}{(t_{відм} + t_{рем})} = \frac{48,15}{(48,15 + 3)} = 0,94$.

Коефіцієнт ремонтпридатності $k_{рем} = \frac{t_{рем}}{(t_{відм} + t_{рем})} = \frac{3}{(48,15 + 3)} = 0,06$.

Імовірність безвідмовної роботи за заданий час: $t = 8$ год – $P(8) = e^{-0,021 \times 8} = 0,845$;
 $t = 20$ год – $P(20) = e^{-0,021 \times 20} = 0,657$; $t = 40$ год – $P(40) = e^{-0,021 \times 40} = 0,432$; $t = 50$ год –
 $P(50) = e^{-0,021 \times 50} = 0,35$; $t = 100$ год – $P(100) = e^{-0,021 \times 100} = 0,122$.

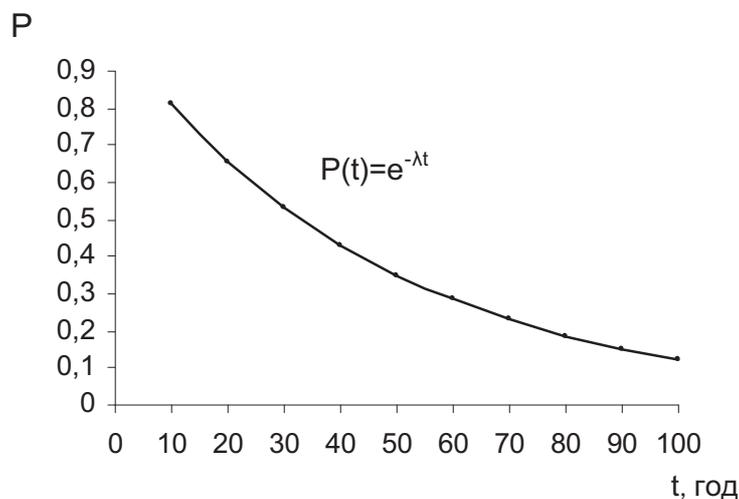


Рис. 2.1. Графік до задачі 2.3

2.4. Середній час напрацювання на відмову шахтного електровоза К10 становить 150 год, середній час відновлення 20 год. Визначити ймовірність знаходження електровоза в працездатному стані, а також ймовірність безвідмовної його роботи для таких значень t : 50, 100, 200, 300 год.

2.4.

Коефіцієнт готовності (імовірність знаходження електровоза в працездатному стані)

$$k_z = \frac{t_{відм}}{(t_{відм} + t_{рем})} = \frac{150}{150 + 20} = 0,88.$$

$$\text{Частота відмов } \lambda = \frac{1}{t_{\text{відм}}} = \frac{1}{150} = 0,0067.$$

$$\begin{aligned} \text{Імовірність безвідмовної роботи протягом } t_1 = 50 \text{ год} &- P(t_1) = e^{-\frac{1}{150} \cdot 50} = e^{-\frac{1}{3}} = 0,72; \\ t_2 = 100 \text{ год} &- P(t_2) = e^{-\frac{1}{150} \cdot 100} = e^{-\frac{2}{3}} = 0,51; \quad t_3 = 200 \text{ год} &- P(t_3) = e^{-\frac{1}{150} \cdot 200} = e^{-\frac{4}{3}} = 0,26; \\ t_4 = 300 \text{ год} &- P(t_4) = e^{-\frac{1}{150} \cdot 300} = e^{-2} = 0,13. \end{aligned}$$

2.5. Кількість елементів послідовного транспортного ланцюга дорівнює 6, коефіцієнт готовності кожного елемента відповідно: 0,81; 0,78; 0,91; 0,93; 0,79; 0,86, а частота відмов: 1/10; 1/20; 1/40; 1/10; 1/40; 1/50. Визначити середній час напрацювання на відмову ланцюга, інтенсивність відмов і коефіцієнт його готовності, а також імовірність безвідмовної роботи ланцюга протягом 1, 2, 3, 10 і 20 годин. Як зміняться параметри надійності ланцюга, якщо машини переставити місцями?

2.5.

Інтенсивність відмов послідовного ланцюга:

$$\lambda_{\text{лц}} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{10} + \frac{1}{50} + \frac{1}{40} = \frac{64}{200} = 0,32 \text{ відм/год.}$$

Середній час напрацювання на відмову всього ланцюга

$$t_{\text{відм.лц}} = \frac{1}{\lambda_{\text{лц}}} = \frac{200}{64} = 3,1 \text{ год.}$$

Коефіцієнт готовності ланцюга:

$$k_c = k_{c1} \cdot k_{c2} \cdot k_{c3} \cdot \dots \cdot k_{c6} = 0,81 \cdot 0,78 \cdot 0,91 \cdot 0,93 \cdot 0,79 \cdot 0,86 = 0,36.$$

Імовірність безвідмовної роботи ланцюга протягом $t_1 = 1$ год $P(t_1) = e^{-\lambda_{\text{лц}} \cdot t_1} = e^{-0,31} = 0,726$;

$$\begin{aligned} \text{протягом } t_2 = 2 \text{ год} &- P(t_2) = e^{-\lambda_{\text{лц}} \cdot t_2} = e^{-0,3 \cdot 2} = 0,527; \quad t_3 = 3 \text{ год} &- \\ P(t_3) = e^{-\lambda_{\text{лц}} \cdot t_3} &= e^{-0,3 \cdot 3} = 0,384; \quad t_4 = 10 \text{ год} &- P(t_4) = e^{-\lambda_{\text{лц}} \cdot t_4} = e^{-0,3 \cdot 4} = 0,042; \\ t_5 = 20 \text{ год} & P(t_5) = e^{-\lambda_{\text{лц}} \cdot t_5} = e^{-0,3 \cdot 5} = 0,002. \end{aligned}$$

2.6. Середній час напрацювання на відмову скребкового конвеєра СП202 склав 100 годин, середній час відновлення відмови – 4 години. Визначити коефіцієнт готовності й ремонтпридатності конвеєра, а також інтенсивність відмов і ймовірність безвідмовної роботи протягом 10, 20, 30, 40 і 50 годин.

2.6.

$$\text{Коефіцієнт готовності } k_c = \frac{t_{\text{відм}}}{t_{\text{відм}} + t_{\text{рем}}} = \frac{100}{100 + 4} = 0,96.$$

$$\text{Коефіцієнт ремонтпридатності } k_{\text{рем}} = \frac{t_{\text{рем}}}{t_{\text{відм}} + t_{\text{рем}}} = \frac{4}{100 + 4} = 0,04.$$

$$\text{Частота відмов } \lambda = \frac{1}{t_{\text{відм}}} = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ відм/год.}$$

Імовірність безвідмовної роботи протягом $t_1 = 10$ год – $P(t_1) = e^{-\lambda \cdot t_1} = e^{-0,01 \cdot 10} = 0,905$;
 $t_2 = 20$ год – $P(t_2) = e^{-\lambda \cdot t_2} = e^{-0,01 \cdot 20} = 0,819$; $t_3 = 30$ год – $P(t_3) = e^{-\lambda \cdot t_3} = e^{-0,01 \cdot 30} = 0,741$; $t_4 = 40$ год
– $P(t_4) = e^{-\lambda \cdot t_4} = e^{-0,01 \cdot 40} = 0,670$; $t_5 = 50$ год – $P(t_5) = e^{-\lambda \cdot t_5} = e^{-0,01 \cdot 50} = 0,606$.

2.7. Середній час напрацювання на відмову стрічкового конвеєра 1ЛТ80 склав 230 годин, а середній час відновлення відмови – 8 годин. Визначити коефіцієнт ремонтпридатності й готовності конвеєра, а також інтенсивність відмов та ймовірність безвідмовної роботи протягом 10, 20, 30, 40 і 50 годин.

2.7.

Частота (інтенсивність) відмов $\lambda = \frac{1}{t_{\text{відм}}} = \frac{1}{230} = 0,0043$.

Коефіцієнт готовності $k_2 = \frac{t_{\text{відм}}}{t_{\text{відм}} + t_{\text{рем}}} = \frac{230}{230 + 8} = 0,966$.

Коефіцієнт ремонтпридатності $k_{\text{рем}} = \frac{t_{\text{рем}}}{t_{\text{відм}} + t_{\text{рем}}} = \frac{8}{230 + 8} = 0,034$.

Імовірність безвідмовної роботи протягом $t_1 = 10$ год – $P(t_1) = e^{-\lambda \cdot t_1} = e^{-0,0043 \cdot 10} = 0,958$;
 $t_2 = 20$ год – $P(t_2) = e^{-\lambda \cdot t_2} = e^{-0,0043 \cdot 20} = 0,918$; $t_3 = 30$ год – $P(t_3) = e^{-\lambda \cdot t_3} = e^{-0,0043 \cdot 30} = 0,879$;
 $t_4 = 40$ год – $P(t_4) = e^{-\lambda \cdot t_4} = e^{-0,0043 \cdot 40} = 0,842$; $t_5 = 50$ год – $P(t_5) = e^{-\lambda \cdot t_5} = e^{-0,0043 \cdot 50} = 0,806$.

2.8. Виконаний хронометраж роботи транспортної установки, у результаті якого зафіксовані 5 відрізків часу роботи від відмови до відмови (поломки) $t_{\text{відм}1} = 20$ год; $t_{\text{відм}2} = 22$ год, $t_{\text{відм}3} = 18$ год, $t_{\text{відм}4} = 25$ год, $t_{\text{відм}5} = 20$ год і витрати часу на кожне відновлення $t_{\text{рем}1} = 1$ год; $t_{\text{рем}2} = 1,5$ год; $t_{\text{рем}3} = 2$ год; $t_{\text{рем}4} = 1,8$ год; $t_{\text{рем}5} = 1,2$ год. Оцінити надійність роботи цього транспортного засобу обчисленими значеннями: середнього часу напрацювання на одну відмову й на одне відновлення; середньої частоти (інтенсивності) відмов λ ; імовірності безвідмовної роботи протягом заданого часу $t = 10, 20, 30, 40$ і 50 годин; коефіцієнтів готовності й ремонтпридатності k_2 і $k_{\text{рем}}$.

2.8.

Середній час напрацювання на відмову

$$t_{\text{відм}} = \left(\sum_{i=1}^n t_{\text{відм}i} \right) / n = (20 + 22 + 18 + 25 + 20) / 5 = 21 \text{ год.}$$

Середній час одного відновлення $t_{\text{рем}} = \left(\sum_{i=1}^n t_{\text{рем}i} \right) / n = (1 + 1,5 + 2 + 1,8 + 1,2) / 5 = 1,5$ год.

Частота відмов $\lambda = \frac{1}{t_{\text{відм}}} = \frac{1}{21} = 0,0476$ відм/год.

Коефіцієнт готовності $k_2 = \frac{t_{\text{відм}}}{t_{\text{відм}} + t_{\text{рем}}} = \frac{21}{21 + 1,5} = 0,93$.

Коефіцієнт ремонтпридатності $k_{\text{рем}} = \frac{t_{\text{рем}}}{t_{\text{відм}} + t_{\text{рем}}} = \frac{1,5}{21 + 1,5} = 0,07$.

Імовірність безвідмовної роботи протягом $t_1 = 10$ год – $P(t_1) = e^{-\lambda \cdot t_1} = e^{-0,047 \cdot 10} = 0,625$;
 $t_2 = 20$ год – $P(t_2) = e^{-\lambda \cdot t_2} = e^{-0,047 \cdot 20} = 0,386$; $t_3 = 30$ год – $P(t_3) = e^{-\lambda \cdot t_3} = e^{-0,047 \cdot 30} = 0,240$;
 $t_4 = 40$ год – $P(t_4) = e^{-\lambda \cdot t_4} = e^{-0,047 \cdot 40} = 0,149$; $t_5 = 50$ год – $P(t_5) = e^{-\lambda \cdot t_5} = e^{-0,047 \cdot 50} = 0,093$.

3. Вантажопотік. Продуктивність. Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку

Вантажопотоки: безперервний нерівномірний або рівномірний; періодичний; одиночний (від одного джерела) або збіжний (від декількох джерел); зустрічний, попутний. Основна одиниця виміру вантажопотоку – продуктивність.

Продуктивність – кількість переміщеного вантажу за одиницю часу, вимірюється найчастіше в т/год, т/зм, рідше – у м³/год, локомотивний транспорт – іноді тонно-кілометрами (ткм/зм).

Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку k – відношення Q_{\max} / Q_{cp} за машинний t_m або робочий час t_p^* .

Коефіцієнт машинного часу $k_m = t_m / t_{zm}$ або робочого – $k_p = t_p / t_{zm}$, де t_{zm} – час зміни.

Види продуктивності. Використовується багато назв продуктивності, що мають своє окреме розуміння:

– миттєва $Q_{\text{mm}} = \frac{dm}{dt}$, т/год – тільки для безперервного потоку (засобів безперервного транспорту аналогічно миттєвій швидкості по спідометру автомобіля);

– середня $Q_{\text{cp}} = \frac{\Delta m}{\Delta t_m}$, т/год – за машинний час Δt_m (засоби безперервної дії) або за робочий Δt_p час (засоби періодичної дії). Тут Δm – кількість перевезеного вантажу, т;

– експлуатаційна Q_e , т/зм – змінна Q_{zm} за увесь час зміни або середня годинна за той же час $Q_{e.\text{год}} = \frac{Q_e}{t_{zm}}$, т/год. Тут t_{zm} – повний час зміни з урахуванням усіх випадків нульової продуктивності, у т.ч. й не залежних від роботи транспортних засобів;

– теоретична Q_T , т/год – максимальна для даного транспортного засобу, що обмежується його технічними можливостями;

– технічна Q_{tex} , т/год – максимальна при роботі машини в конкретних умовах, що обмежується й цими умовами;

– розрахункова Q_p , т/год – максимальна, прийнята для розрахунку транспортного засобу – розрахунковий вантажопотік $Q_p = Q_T$;

– нормативна Q_{zm}^H , т/зм – розрахункова продуктивність із прийнятими при розрахунку (нормативними) значеннями коефіцієнтів нерівномірності вантажопотоку k^H і машинного часу k_m^H . Використовується при визначенні коефіцієнта резерву продуктивності;

* t_m – для засобу безперервної, а t_p – періодичної дії, оскільки в останньому випадку робочий час включає й час зупинок, що входять до циклу (причіплювання, відчеплення та ін.).

– фактична змінна, $Q_{зм}^{\phi}$ – продуктивність, що має місце в дійсності, часто відрізняється від розрахункової (нормативної), має, як правило, відмінні від нормативних (фактично сталі) значення k і k_m , а також свій ступінь використання теоретичної продуктивності засобу транспорту. Цей ступінь характеризується коефіцієнтом інтенсивності $k_i = \frac{Q_{зм}^{\max}}{Q_{зм}^{\mu}}$, де $Q_{зм}^{\max}$, т/год – максимальна, фактично досягнута в даних умовах;

– паспортна Q_n , т/год – гранична, зазначена в паспорті (характеристиці) машини.

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

Засоби безперервної дії здатні забезпечити дійсно безперервний або близький до нього потік (конвеєри, елеватори), для якого, наприклад, хвилинна, секундна й навіть миттєва продуктивність мають не тільки фізичний зміст, але й можуть бути застосовані під час рішення різних практичних задач. Тут коефіцієнт нерівномірності $k = \frac{Q_{\max}}{Q_{\text{ср}}}$, де Q_{\max} й $Q_{\text{ср}}$ відповідно максимальна

(найчастіше за самий короткий проміжок часу – хвилина, секунда й навіть мить) і середня продуктивність за машинний час.

Продуктивність засобів періодичної дії Q_T , т/год – це середня продуктивність за час циклу $T_{\text{ц}}$, до якої, крім руху, входять всі відрізки часу, пов'язані з технологією роботи самого засобу транспорту: навантаження, розвантаження, рух, причеплення-відчеплення та ін. Поняття “миттєва продуктивність” тут не має розуміння. Швидкість висипання вантажу з ємності (ємностей) у кінцевому пункті транспортування не відображає продуктивності цього засобу транспорту, а лише впливає на неї так само, як і швидкість руху, швидкість причеплення й відчеплення та ін.

Нерівномірність роботи засобів періодичної дії, як і безперервної, зумовлена, по-перше, нерівномірністю реального потоку (нерівномірністю роботи навантажувального пункту) і, по-друге, відмінностями реального часу циклів від середнього (розрахункового) його значення.

Від величини нерівномірності вантажопотоку у всіх випадках залежить величина “непродуктивних” запасів потужності, міцності, витрати енергії засобами транспорту, тому що вони розраховані на максимальну продуктивність, а працюють із таким навантаженням порівняно рідко.

3.1. Для вивчення перерахованих вище визначень на графіках рис. 3.1 зображені теоретично можливі варіанти змін залежності кількості m , т/год перевезеного вантажу (а, в, д, ж, і) і відповідно продуктивності Q т/год (б, г, е, з, к) у часі. Останні – результат графічного диференціювання відповідних графіків $m(t)$.

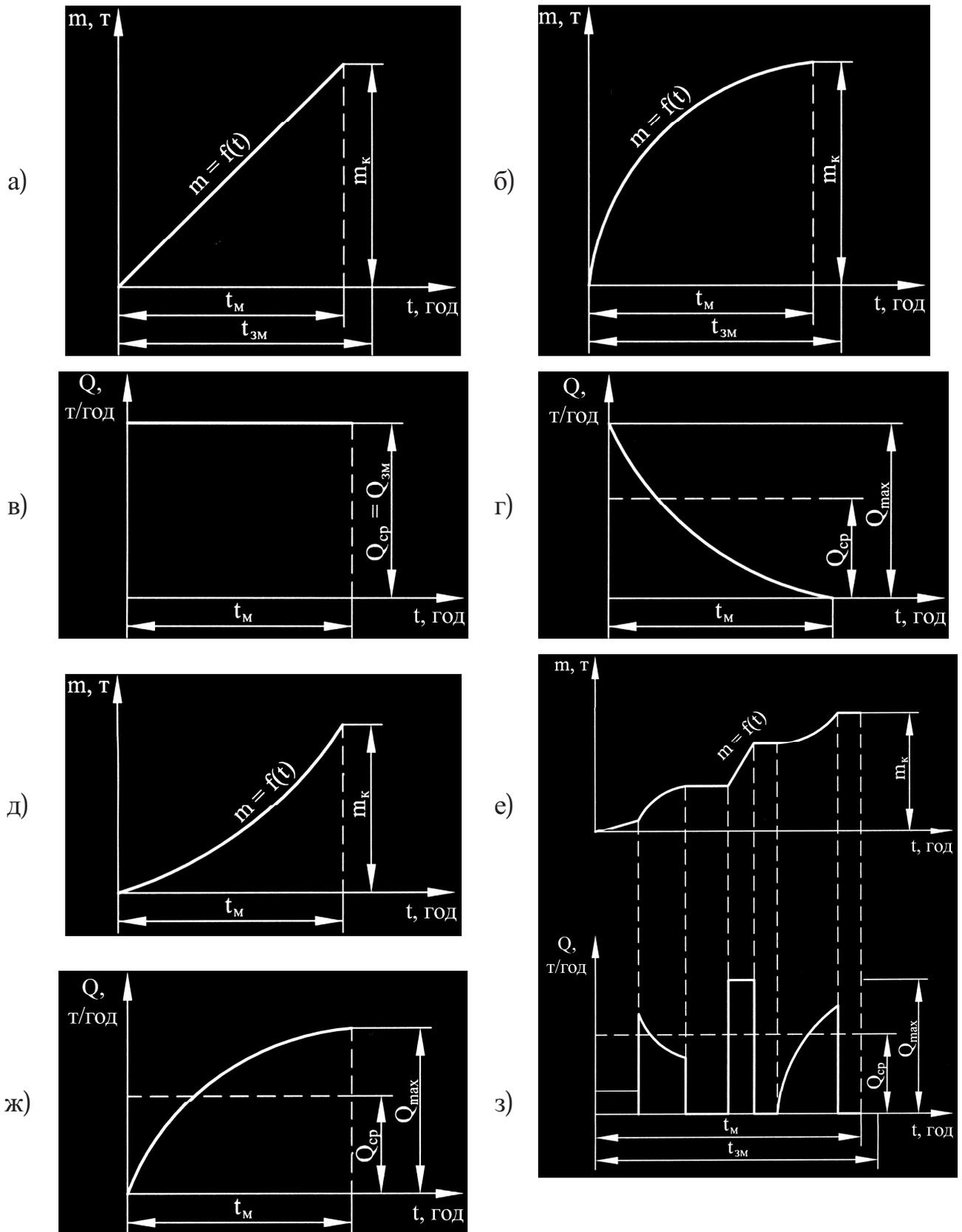


Рис. 3.1, а. Графіки можливих варіантів накопичування вантажу в часі $m(t)$ у кінцевому пункті транспортування засобами безперервної дії (а, в, д, ж, і) і відповідні кожному з них графіки продуктивності $Q(t)$ (б, г, е, з, к)

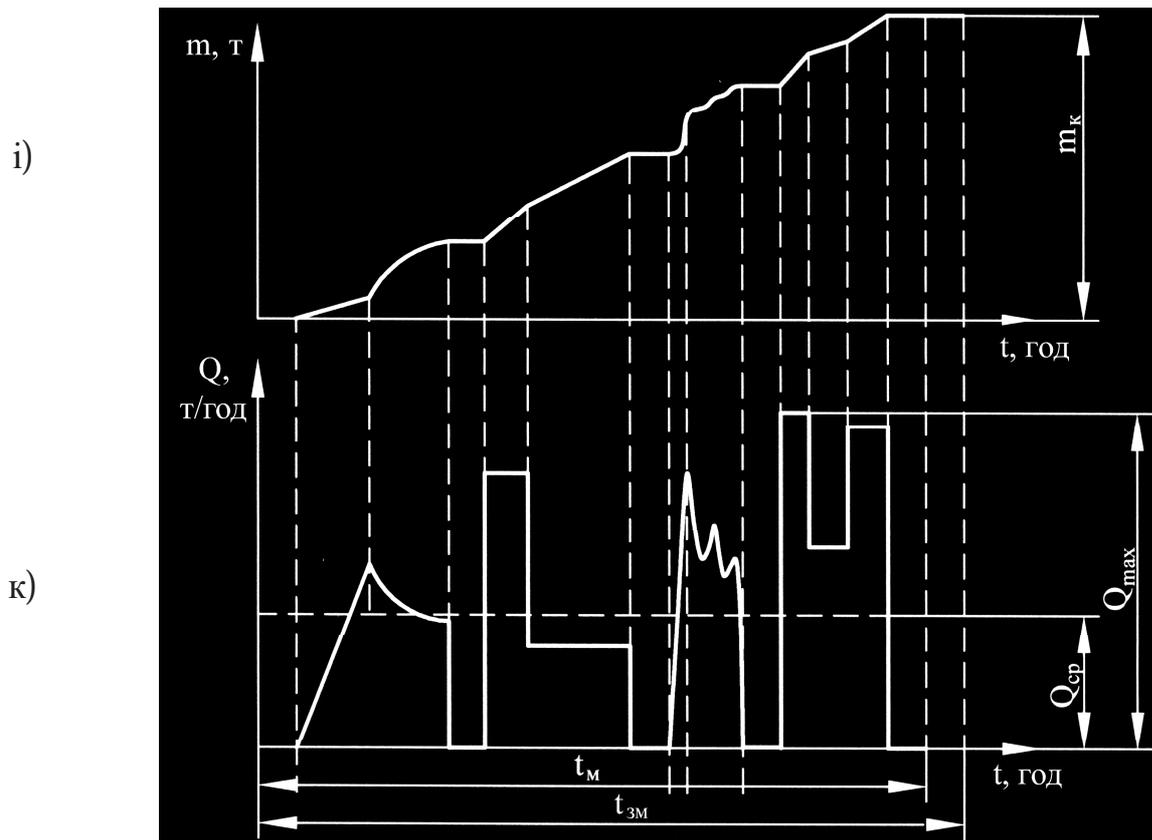


Рис. 3.1, б. Графіки можливих варіантів накопичування вантажу в часі $m(t)$ у кінцевому пункті транспортування засобами безперервної дії (i) і відповідні кожному з них графіки продуктивності $Q(t)$ (к)

Задачі:

1) намалювати аналогічні довільні графіки $m(t)$ (для безперервного потоку) у звіт по практичних заняттях, дати їм назви, що показують характер вантажопотоку (безперервний рівномірний і нерівномірний, перериваний та ін.), а також по чотирьох-п'яти точках виконати (якісна картина) графічне диференціювання цих графіків* і одержати характер змін їхньої похідної (тобто продуктивності Q , т/год) у вигляді $Q(t)$.

2) на графіках $Q(t)$ показати: кілька значень миттєвої продуктивності Q_{mm1} , Q_{mm2} , Q_{mm3} , а також Q_{mm}^{\max} , значення середньої продуктивності Q_{cp} .

3) обчислити по кожному варіанту $m(t)$ приблизні значення коефіцієнта нерівномірності вантажопотоку $k = \frac{Q_{mm}^{\max}}{Q_{cp}}$ за машинний час, а також засвоїти

поняття “коефіцієнт машинного часу” $k_M = \frac{t_M}{t_{3M}}$ за зміну.

4) намалювати графік $(m - t)$ для вантажопотоку засобів транспорту періодичної дії й усвідомити, чому поняття “миттєва продуктивність” у цьому випадку не доречно, чому при цьому користуються терміном – робочий час t_p , а не машинний t_M .

* Вимірюванням кута нахилу дотичної.

3.2. На рис 3.2, а показано варіанти графіків $m(t)$ зміни кількості перевезеного вантажу за робочий час t_p : при збереженні часу кожного рейса однаковим – 1 (суцільна лінія) і різним – 2 (пунктирна лінія). Вид транспорту – засіб періодичної дії, ємність состава кожного рейса однакова. Нижче наведено графік продуктивності $Q(t)$: б) – для графіка 1 і в) – для графіка 2.

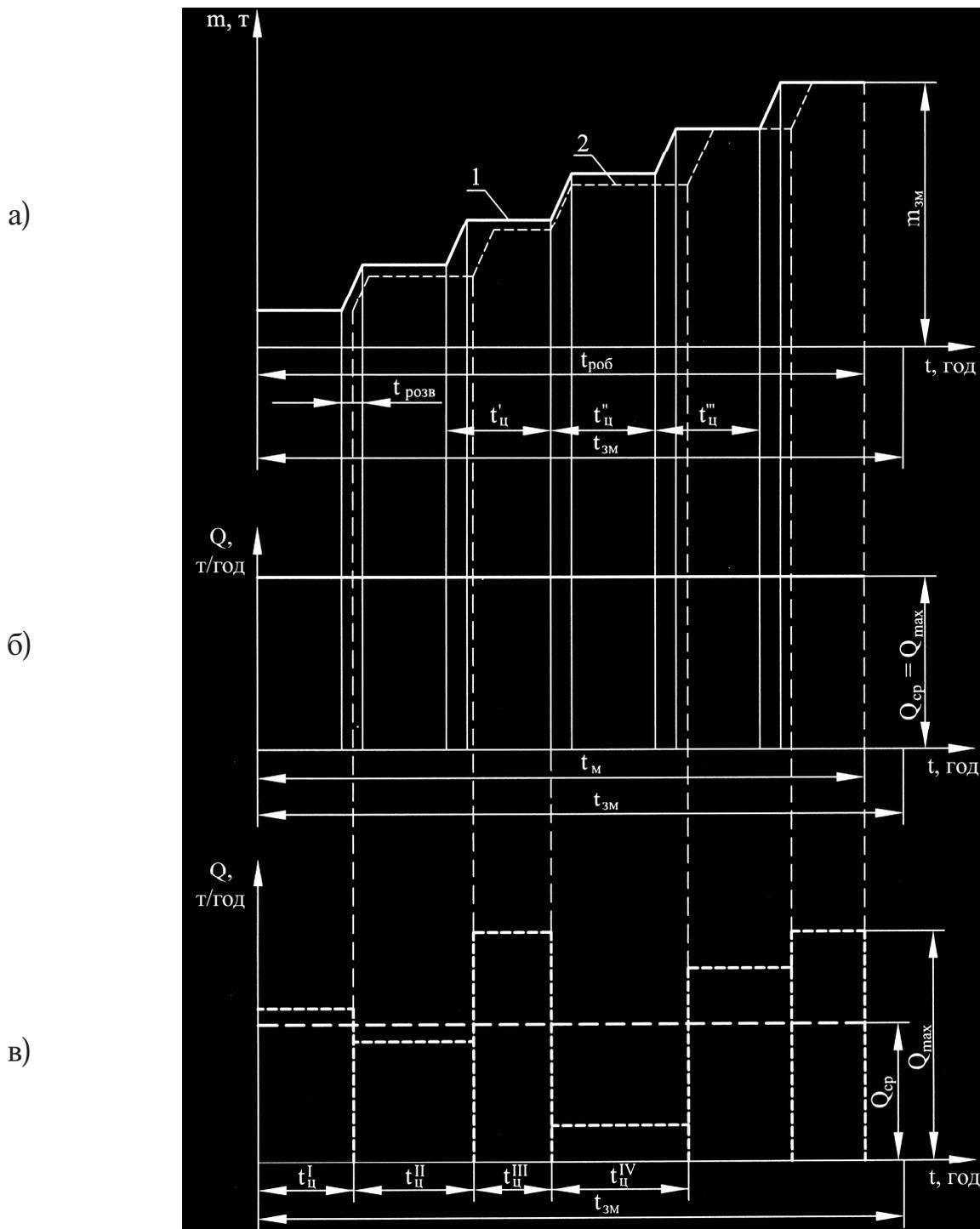


Рис. 3.2. Графіки накопичування вантажу в кінцевому пункті транспортування (а), за робочий час t_p зміни $t_{\text{зм}}$: розрахунковий час $t_{\text{цикл}}$ однаковий – суцільна лінія; фактичний час $t_{\text{цикл}}$, $t'_{\text{цикл}}$, $t''_{\text{цикл}}$, $t'''_{\text{цикл}}$, різний – пунктирна лінія й відповідні (а) графіки продуктивності (розрахункової – б, фактичної – в)

Необхідно накреслити аналогічні або інші довільні, теоретично можливі графіки $m(t)$ і $Q(t)$ і:

- показати, що поняття миттєвої продуктивності транспортного засобу періодичної дії не існує;
- сформулювати поняття продуктивності транспортного засобу періодичної дії;
- визначити причини нерівномірності продуктивності транспортного засобу й відмінність суті k для безперервного й періодичного видів транспорту;
- прийнявши, що завантаження засобів періодичної дії здійснюється безперервним нерівномірним потоком (наприклад, до складу вагонеток під лавою), визначити можливі варіанти зниження коефіцієнта нерівномірності роботи засобів періодичної дії;
- зобразити графік змінної продуктивності, якщо транспортування забезпечується різними ємностями з різним часом декількох циклів за зміну.

3.3. Зобразити графіки надходження вантажу в кінцевий пункт транспортування $m(t)$ і графіки продуктивності $Q(t)$, а також визначити Q_{max} , Q_{cp} і k для наступних випадків:

а) безперервний нерівномірний потік, у якому за шестигодинну робочу зміну є 2 відрізки часу роботи (5 і 10 хвилин) з нульовою продуктивністю (машина працює вхолосту) і 3 відрізки часу з іншими зупинками (15, 20 і 10 хвилин не з вини транспорту). Кількість перевезеного вантажу за шестигодинну зміну $Q_e = 600$ т/зм; фактична максимальна продуктивність $Q_{max} = 220$ т/год.

б) та ж, що й в (а) змінна продуктивність із тими ж відрізками часу роботи з нульовою продуктивністю й часом зупинок, але потік безперервний рівномірний;

в) циклічний потік, вантажопідйомність вагонетки $m_{em} = 2000$ кг, час зміни – 7 годин. Визначити Q_{cp} т/зм, якщо вантаж протягом зміни транспортується одним із составів, зазначених у таблиці 3.1.

На графіках показати максимальну, середню за робочий час і змінну (експлуатаційну) продуктивність, час зміни й машинний час.

Таблиця 3.1

№ варіанта	Час руху за цикл t_{px} , хв	Час маневрів, (завантаження й розвантаження) за цикл $t_{ман}$, хв	Число вагонеток у складі z , шт.
1	15	30	25
2	20	25	30
3	25	20	32
4	25	25	38
5	20	30	35

3.3, а.

Будуються графіки $m(t)$ і $Q(t)$ (рис. 3.3) із вказівкою відрізків часу з нульовою продуктивністю та з зупинками не з вини машини (на рис. 3.3 підсумовано наприкінці зміни).

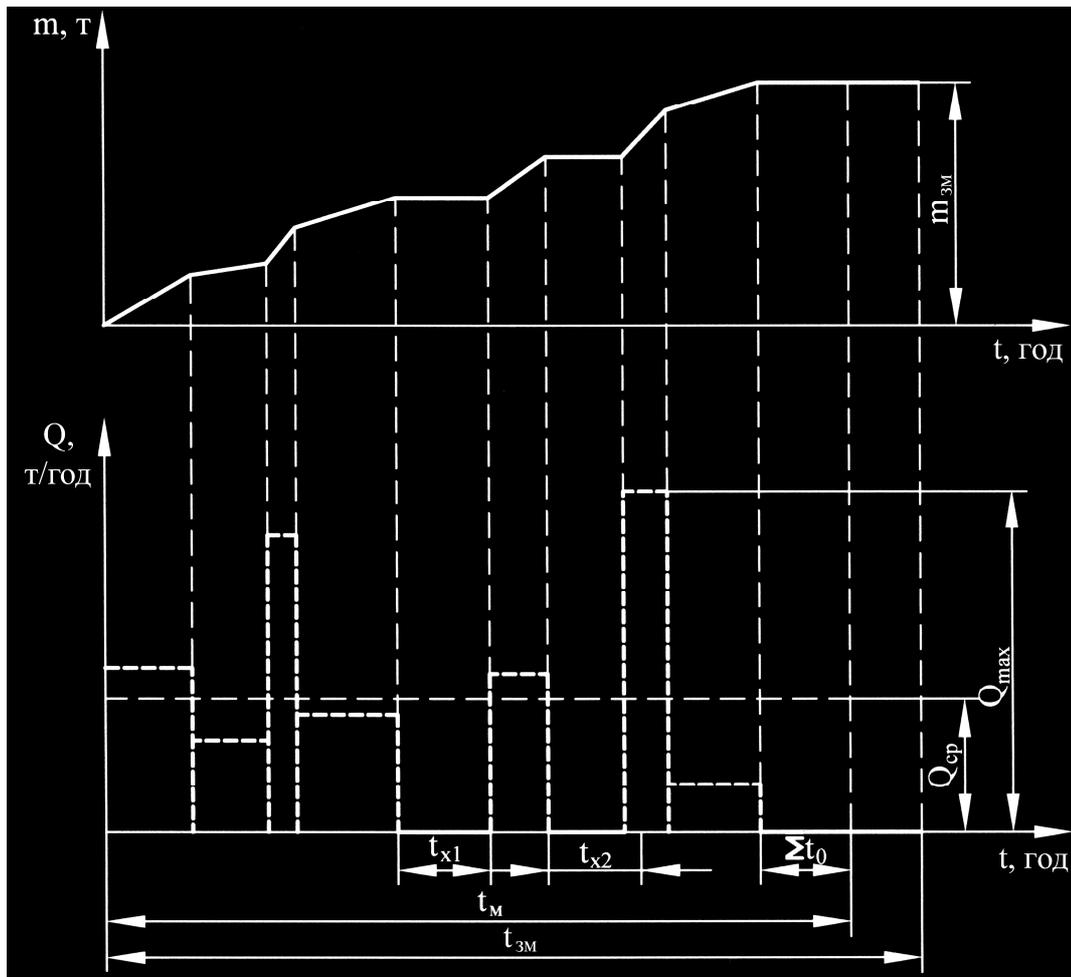


Рис. 3.3. Графіки $m(t)$ і $Q(t)$ до задачі 3.3, а: t_{x1} і t_{x2} – відрізки часу з нульовою продуктивністю, входять до часу t_p ; $(t_{o1}+t_{o2}+t_{o3})$ – відрізки простоїв не з вини машини (підсумовані наприкінці осі t)

Визначається:

– час роботи машини (машинний час t_m) $6 \text{ год} - 45 \text{ хв} = 5,15 \text{ год}$;

– середня продуктивність за машинний час $Q_{cp}^{зм} = \frac{600}{5,25} = 114 \text{ т/год}$;

– середня продуктивність за зміну $Q_e = \frac{600}{6} = 100 \text{ т/год}$;

– коефіцієнт машинного часу $k_m = \frac{t_m}{t_{зм}} = \frac{5,25}{6} = 0,875$;

– коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = \frac{Q_{max}}{Q_{cp}^{зм}} = \frac{220}{114} = 1,9$.

3.3. б.

Цей варіант задачі відрізняється від **3.3, а** тим, що потік рівномірний. Час роботи вхолосту віднесемо до часу зупинок за різними, не пов'язаним із транспортом причинами. Тоді час транспортування дорівнює: $t_m = t_p - t_x$, тобто робочому часу за винятком роботи вхолосту (рис. 3.4).

Загальний час зміни: $t_{зм} = t_m + t_x + t_o$, звідки: $t_m = t_{зм} - t_x - t_o = 6 - \frac{1}{4} - \frac{3}{4} = 5 \text{ год}$. За цей час кількість вантажу, що транспортується рівномірно, дорівнює 600 т (за умовою).

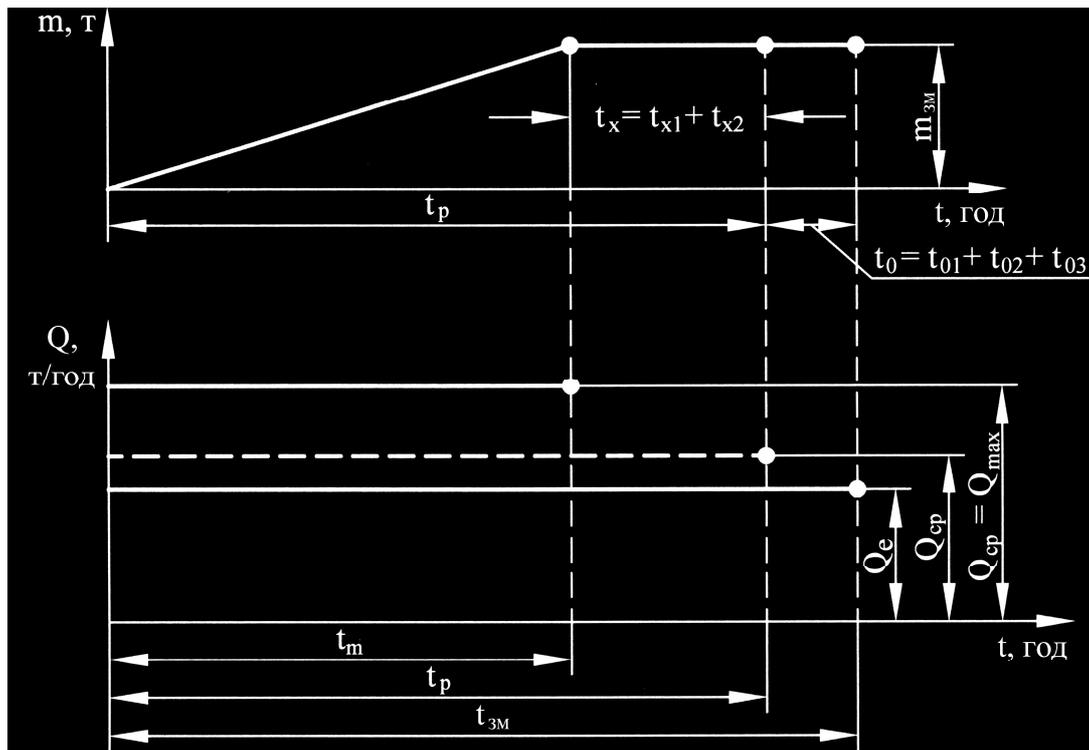


Рис. 3.4. Графіки $m(t)$ і $Q(t)$ до рішення задачі 3.3, б: (t_0 – сумарний час нульової продуктивності; t_x – сумарний час роботи вхолосту перенесено по осі t вправо, у кінець графіків)

Визначається:

- середня (вона ж максимальна) продуктивність за час транспортування t_m :

$$Q'_{cp} = Q_{max} = \frac{600}{t_m} = \frac{600}{5} = 120 \text{ т/год};$$

- коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку за час t_m $k = 1$;

Якщо врахувати час роботи вхолосту до робочого (машинного) часу, то:

- середня продуктивність за машинний час $Q_{cp} = \frac{600}{5,25} = 114 \text{ т/год}$.

- коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку за машинний час $k = \frac{120}{114} = 1,05$.

З порівняння значень k у варіантах а) і б) випливає, що у випадку згладжування нерівномірності максимальна й теоретична продуктивність засобів транспорту за варіантом б) може бути майже вдвічі менше, ніж у варіанті а). Останнє дозволяє значно зменшити витрати на транспортування, якщо витрати на згладжування будуть незначними.

3.3, в.

У задачі 3.3, в приймається, що для кожного варіанта свій час рейсів однаковий, їхня кількість за зміну – ціле максимальне, а залишок часу зміни йде на заходи, не пов'язані з технологією транспортування. Тут графік надходження вантажу в кінцевий пункт транспортування й графік продуктивності для кожного варіанта будуть аналогічні рис. 3.2 (суцільна лінія).

За вар. 1 визначається:

- вантажопідйомність состава $m_c = m_{ao} \cdot z = 2 \cdot 25 = 50 \text{ т}$;

- час одного рейса (циклу) $t_{\text{ц}} = t_{px} + t_{man} = 15 + 30 = 45 \text{ хв}$;

- кількість повних циклів (рейсів) $n_y = \frac{t_{зм} \cdot 60}{t_y} = \frac{420}{45} = 9$;
- час роботи транспортного засобу $t_p = n_y t_y = 9 \cdot 45 = 405$ хв = 6,75 год;
- час інших операцій за зміну (залишок) $t_{ін.он.} = t_{зм} - t_p = 420 - 405 = 15$ хв;
- коефіцієнт робочого часу $k_p = \frac{t_p}{t_{зм}} = \frac{405}{420} = 0,96$;
- змінна продуктивність за 9 рейсів (робочий час) $Q_{зм} = m_c n_y = 50 \cdot 9 = 450$ т/зм;
- середня годинна продуктивність за робочий час (вона ж і максимальна)
 $Q_{сп} = Q_{\max} = \frac{Q_{зм}}{t_p} = \frac{450}{6,75} = 66,6$ т/год;
- розрахунковий коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку* $k = \frac{Q_{\max}}{Q_{зм}} = \frac{66,6}{66,6} = 1$.

Результати розрахунків всіх варіантів зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Показник	Варіант				
	1	2	3	4	5
t_y , хв	45	45	45	50	50
m_c , т	50	60	64	76	70
n_y , шт.	9	9	9	8	8
$t_{ін.он.}$, хв	15	15	15	20	20
t_p , хв	405 (6,75)	405 (6,75)	405 (6,75)	400 (6,66)	400 (6,66)
k_p	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95
$Q_{зм}$, т/зм	450	540	576	608	560
$Q_{сп}$, т/год	66,6	80	85	90	88

Результат рішення задачі 3.3, в показує, що безперервний нерівномірний вантажопотік засобів транспорту, що завантажує состави вагонеток, може й не вплинути на рівномірність потоку засобу періодичної дії при забезпеченні необхідного запасу порожняка.

* У всіх п'яти варіантах $k = 1$.

3.4. Приймаючи результати розрахунків значень Q_{ci} за умовами завдання **3.3**, в (п'ять варіантів) за нормативні, обчислити відношення нормативної й фактичної продуктивності (коефіцієнт резерву) $Q_{ci}^i / Q_{ci}^o = r$, якщо в умовах експлуатації кількість рейсів у непарних варіантах зменшилася, а в парних – збільшилася на один, кількість вагонеток у составі скрізь зменшилася на кількість, рівну подвоєному номеру варіанта.

3.4

Результати розрахунків зведені в таблиці 3.3.

Показник	Варіант				
	1	2	3	4	5
n_u , шт.	8	8	8	7	7
m_c , т	46	52	52	50	50
Q_{3M}^p , т/год	368	416	416	420	350
$Q_{3M}^i / Q_{3M}^p = r$	1,22	1,3	1,41	1,46	1,2

3.5. Експериментальне визначення нерівномірності безперервного вантажопотоку (транспортний засіб – конвеєр) виконано методом мірних ємностей (місткість – 100 кг). Отримано наступні значення часу заповнення кожної з 10 послідовних ємностей: t , с ÷ 14; 7; 5; 7; 10; 5; 8; 9; 15, 13. За час наповнення цих 10 порцій зафіксовані 2 окремих (у проміжках між заповненням ємностей) випадки нульової продуктивності по 30 с кожний (конвеєр працює). Побудувати графік надходження вантажу в координатах $m(t)$ і графік продуктивності в координатах $Q(t)$ за час наповнення 10 ємностей, а також визначити експлуатаційну продуктивність конвеєра Q_e т/зм, якщо вважати, що протягом шестигодинної зміни надана картина завантаження за машинний час $t_M = 5$ годин повторюється увесь час.

3.5.

Складаються (у масштабі) графіки $m(t)$ і $Q(t)$ (рис. 3.5).

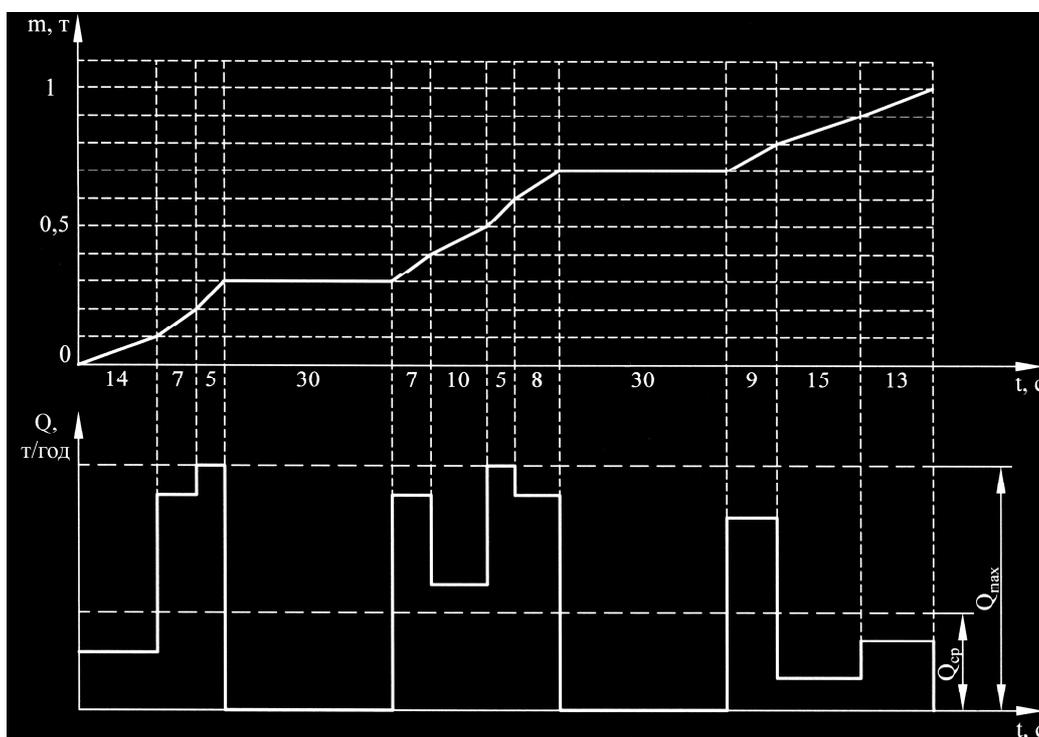


Рис. 3.5. Графіки $m(t)$ і $Q(t)$ за час завантаження десяти ємностей (до задачі 3.5)

Визначається:

– час наповнення мірних ємностей (загальною масою 1 т)

$$t_1 = 14+7+5+30+7+10+5+8+30+9+15+13 = 153 \text{ с} = 2,55 \text{ хв} \approx 0,042 \text{ год};$$

– кількість однакових циклів вимірів за 5 годин

$$n_1 = \frac{5}{0,042} = 120 \text{ циклів};$$

– кількість вантажу за 5 годин (експлуатаційна продуктивність)

$$Q_e = Q_{zm} = m \cdot n = 120 \cdot 1 = 120 \text{ т/зм};$$

– середня годинна продуктивність за робочий час

$$Q_{cp} = \frac{125}{5,1} = 24 \text{ т/год або } Q_{cp} = \frac{1 \text{ т}}{0,042} = 24 \text{ т/год};$$

– максимальна продуктивність за робочий час

$$Q_{max} = 100 \text{ кг за } 5 \text{ с} = 20 \text{ кг/с} = \frac{20 \cdot 3600}{1000} = 72 \text{ т/год};$$

– коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку за робочий час

$$k = \frac{Q_{max}}{Q_{cp}} = \frac{72}{24} = 3,0.$$

Скласти алгоритм рішення, вирішити й проаналізувати результати до наступних задач:

3.5.А. Для ілюстрації зміни коефіцієнта нерівномірності k того самого потоку рекомендується побудувати аналогічний рис. 3.5 графік (задача **3.5**) на підставі мірних ємностей по 200, потім по 300 кг і визначити для цих варіантів значення k .

3.5.Б. Визначити значення мінімальних швидкостей конвеєрної стрічки v_{min} для прийому нерівномірного потоку вугілля (по рис. 3.5), якщо ширина лоткових стрічок $B' = 800$ мм і $B'' = 1000$ мм, а кут нахилу бічних роликів трироlikової опори $\alpha = 20^\circ$?

3.5.В. Користуючись вантажопотоком, поданим у задачі **3.5** і графіком (рис. 3.5) виконати в масштабі й побудувати нові графіки $m(t)$ і $Q(t)$ для умов, коли виміри проведені мірними інтервалами часу через 5, 10 і 15 секунд. Вважати, що потік у межах кожної із зазначених у задачі **3.5** мірних ємностей рівномірний. Визначити коефіцієнт нерівномірності k і порівняти його з k попередніх задач.

3.6. Безперервний нерівномірний потік за умовами задачі **3.5** формується на навантажувальному пункті у вагонетки вантажопідйомністю 2 т. Побудувати графіки нагромадження й вивезення вантажу на навантажувальному пункті (за умови безперебійного забезпечення порожняком, як якби завантаження йшло в бункер), а також визначити продуктивність транспортного засобу періодичної дії (локомотивна відкатка), розклад витрат часу й коефіцієнт нерівномірності k для наступного варіанта: весь вантажопотік $Q_{zm} = Q_e = 120$ т/зм складається з однакових однотонних циклів у задачі **3.5**, вивозиться чотирма складами (кількість вагонеток у кожному складі дорівнює 13, 14, 16, 17 штук); навантаження вагонеток здійснюється безупинно протягом робочого часу t_p ,

рівного часу завантаження 60 вагонеток, протягом зміни состави відправляються в міру їхнього завантаження; неповний час рейсів (без урахування часу очікування завантаження) відповідно дорівнює: 40, 50, 60, 70 хвилин, а час зміни $t_{зм} = 6$ год.

3.6.

На рис. 3.6 наведено графіки накопичування вантажу в координатах $m(t)$ і транспортування його чотирма составами, а також розклад руху й графіки $Q(t)$, побудовані на підставі наступних розрахунків:

– протягом робочого часу $t_p = z \cdot t_1 = 60 \cdot 0,042 = 5,05$ год безупинно завантажуються й відправляються в кінцевий пункт транспортування 4 состави вагонеток вантажопідйомністю $m_A = 26$ т, $m_B = 28$ т, $m_C = 32$ т і $m_D = 34$ т;

– тривалість завантаження кожного состава: $t_A = 1,09$ год; $t_B = 1,18$ год; $t_C = 1,35$ год і $t_D = 1,43$ год, а чотирьох составів $t_p = 5,05$ год;

– час відправлення составів (вважаючи від початку зміни): 1,09; 2,27; 3,62 і 5,05 год;

– час прибуття порожняка на навантажувальний пункт: 1,75; 3,10; 4,62 і 6,22 год (останній состав порожняка прибуває в 0,22 год наступної зміни);

– тривалість очікування електровозом закінчення завантаження составів (вважаючи з початку зміни): $1,09 - 0 = 1,09$; $2,27 - 1,75 = 0,52$; $3,62 - 3,10 = 0,52$ і $5,05 - 4,62 = 0,43$ год;

– час перезміни машиніста електровоза й очікування першого состава наступної зміни: $1,09 - 0,22 = 0,87$ год (з 0,22 до 1,09 години від початку зміни);

– тривалість рейсів з початку зміни (вважаючи й час очікування завантаження): $t'_A = 1,75$ год; $t'_B = 1,35$ год; $t'_C = 1,52$ год; $t'_D = 1,60$ год, а всього $\sum t'_i = 6,22$ год.

– час роботи електровоза (вважаючи з початку першого рейса): $t_{p.e} = 6,22 - 1,09 = 5,13$ год.

– продуктивність кожного рейса: $Q_{PA} = \frac{m_A}{t'_A} = \frac{26}{1,75} = 15$ т/год, аналогічно $Q_{PB} = 21$ т/год,

$Q_{PC} = 24$ т/год, $Q_{PD} = 21$ т/год;

– експлуатаційна продуктивність навантажувального пункту $Q_{IIIe} = \frac{Q_{зм}}{t_{зм}} = \frac{120}{6} = 20$ т/год,

а за час завантаження вагонетки (робочий час) $Q_{IIIcp} = \frac{Q_{зм}}{t_p} = \frac{120}{5,05} = 23,8$ т/год;

– середня продуктивність за $t'_p = 6,22$ год: $Q'_{cp} = \frac{120}{6,22} = 19,3$ т/год;

– середня продуктивність за $t''_p = 3,66$ год: $Q''_{cp} = \frac{120}{3,66} = 32,8$ т/год;

– максимальна продуктивність за t'_p по третьому рейсі $Q'_{max} = 24$ т/год, а за t''_p : $Q''_{max} = 39$ т/год;

– коефіцієнт нерівномірності $k' = \frac{Q'_{max}}{Q'_{nd}} = \frac{24}{19,3} = 1,24$;

– коефіцієнт нерівномірності $k'' = \frac{Q''_{max}}{Q''_{nd}} = \frac{39}{32,8} = 1,19$, а коефіцієнт нерівномірності

реального потоку (задача 3.5) $k = 3$.

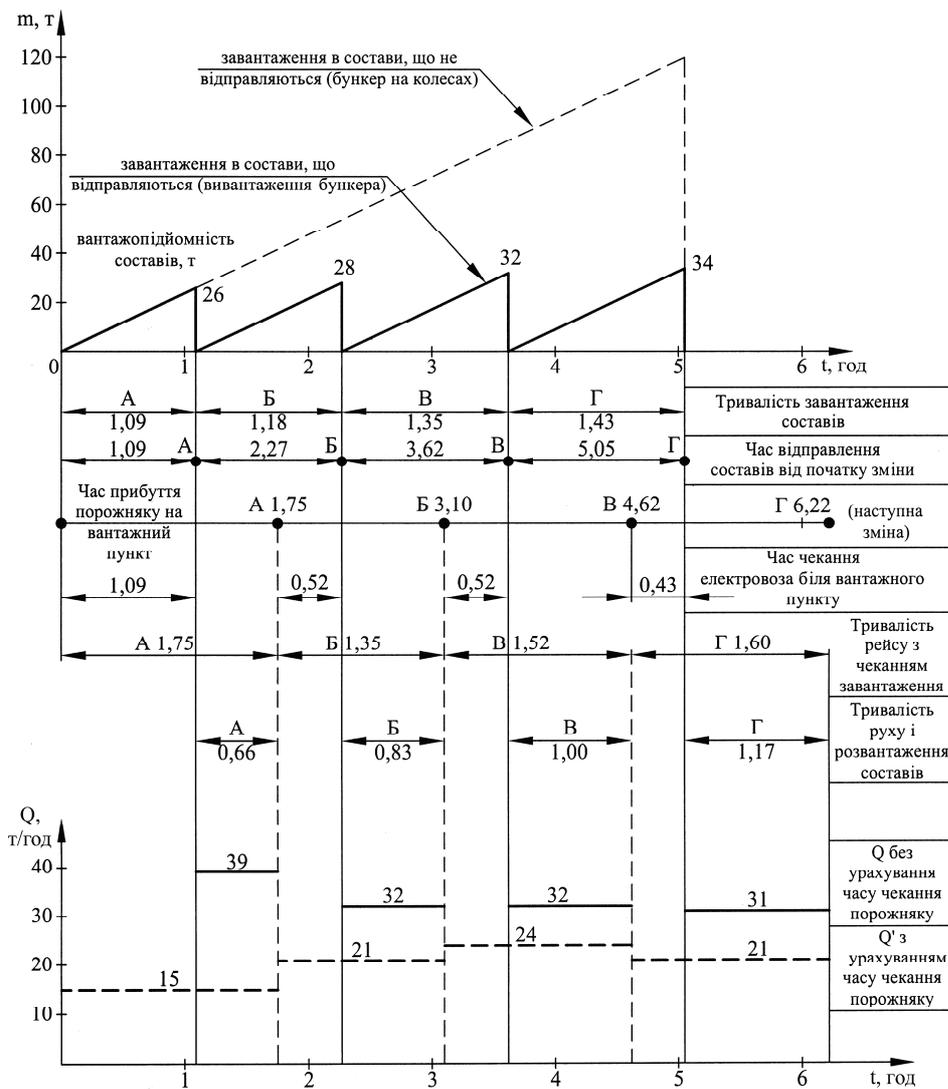


Рис. 3.6. Графіки $m(t)$ і $Q(t)$, а також розклад витрат часу (до задачі 3.6)

3.7. Вирішити задачу, аналогічну **3.5**, для наступних вихідних даних за часом завантаження мірних ємностей (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Варіант	Мірна ємність, кг	Час заповнення мірних ємностей і роботи вхолосту, с														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	100	5	8	7 ^{x)}	9	11	15	20	20 ^{x)}	8	7	5	10 ^{x)}	7	8	5
2	200	7 ^{x)}	15	10	8	12	16	15	17	30 ^{x)}	20	15	17	30 ^{x)}	20	15
3	300	8	20	15	20	18	23	25	15	40	40 ^{x)}	15	25	40 ^{x)}	30	25
4	400	15	30	40	30	40	25	25	25	10 ^{x)}	20	15	25	60 ^{x)}	8	20
5	500	20	40	10 ^{x)}	12	18	30	10 ^{x)}	10	12	15	20	10	12	20 ^{x)}	15
6	400	20	35	50	40	60	35 ^{x)}	40	45	30	35	40	20	45 ^{x)}	50	40
7	300	20	30	30	20	25	45 ^{x)}	20	50	60	55 ^{x)}	40	30	35	45	40
8	250	15	20	30	40 ^{x)}	30	25	10	15	60	70	25	35 ^{x)}	40	50	60
9	150	8	15	25 ^{x)}	40	35	50	60	15	10	12	40	35 ^{x)}	45	35	50
10	400	20	25	35 ^{x)}	40	45	30	35 ^{x)}	25	20	50	45	40 ^{x)}	50	55	60

Примітка: значком ^{x)} біля цифри позначений час роботи вхолосту, (у цей час мірні ємності не заповнюються).

3.8. Вирішити задачу аналогічну **3.6** за результатами рішення п'ятого варіанта задачі **3.7**.

3.9. На підставі результатів рішення четвертого варіанта задачі **3.7** визначити, як зміниться величина коефіцієнта нерівномірності вантажопотоку, якщо кожний час заповнення мірної ємності, зазначений у таблиці 3.4, збільшити в 2, а потім в 3 рази.

3.10. Визначити, як зміниться коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку, якщо нерівномірний потік за п'ятим варіантом завдання **3.7** вимірювати десятьма вагонетками вантажопідйомністю (мірною ємністю) по 1 т; по 2 т; по 3 т протягом 5 год безупинно.

3.11. Визначити мінімальну швидкість v_{min} руху тягового органа горизонтального конвеєра для транспортування за машинний час $Q_{зм}=1000$ т/зм, а також середню експлуатаційну продуктивність у т/год, якщо коефіцієнт машинного часу $k_m = 0,9$, коефіцієнт нерівномірності за машинний час $k = 1,25$, тривалість зміни $t_{зм} = 6$ год, середня площа перерізу вантажу $S_{зм} = 0,2$ м², щільність його $\rho = 0,9$ т/м³.

3.11.

– Розрахункова продуктивність за машинний час:

$$Q_p = \frac{Q_{зм} \cdot k}{t_{зм} \cdot k_m} = \frac{1000 \cdot 1,25}{6 \cdot 0,9} = 232 \text{ т/год}; Q_T = Q_p;$$

– лінійна маса вантажу: $q = 1000 S_{зм} \rho = 1000 \cdot 0,2 \cdot 0,9 = 180$ кг/м;

– теоретична продуктивність засобів безперервного транспорту:

$$Q_T = 3,6 \cdot q \cdot v \text{ т/год, звідки } v = \frac{Q_T}{3,6 \cdot q} \text{ м/с};$$

– мінімальна швидкість: $v_{min} = \frac{Q_T}{3,6 \cdot q} = \frac{232}{3,6 \cdot 180} = 0,36$ м/с;

– середня продуктивність за машинний час: $Q_{зм}^m = \frac{1000}{5,4} = 185$ т/год;

– середня продуктивність за годину зміни: $Q_{год}^i = \frac{1000}{6} = 167$ т/год, (тут експлуатаційна продуктивність $Q_e = 1000$ т/зм).

– максимальна продуктивність (розрахункова): $Q_{i \text{ аєі}} = Q_{год}^i \cdot k = 185 \cdot 1,25 = 232$ т/год.

3.12. Визначити мінімальну швидкість руху тягового органа конвеєра v_{min} , якщо максимальна маса розподіленого на довжині $l = 100$ м вантажу становить $m_{зм} = 4,5$ т, а експлуатаційна продуктивність реального вантажопотоку $Q_e = 1500$ т/зм. Час роботи конвеєра за зміну $t_m = 5$ год, коефіцієнт нерівномірності за машинний час $k = 1,15$, час зміни $t_{зм} = 6$ год.

3.12.

– Середня продуктивність за машинний час: $Q_{зм}^m = \frac{Q_{зм}}{t_m} = \frac{1500}{5} = 300$ т/год;

- продуктивність за час зміни: $Q_{cp}^e = \frac{Q^e}{t_{зм}} = \frac{1500}{6} = 250$ т/год;
- лінійна маса вантажу: $q = \frac{m_{em}}{l} = \frac{4500}{100} = 45$ кг/м;
- розрахункова (теоретична) продуктивність: $Q_p = Q_T = Q_{cp}^u \cdot k = 300 \cdot 1,15 = 345$ т/год.
- мінімальна швидкість потоку вантажу: $v_{\min} = \frac{Q_p}{3,6 \cdot q} = \frac{345}{3,6 \cdot 45} = 2,13$ м/с.

3.13. З якою мінімальною швидкістю повинна рухатися стрічка, якщо теоретична площа перерізу вантажу на ній $S_{m,em} = 0,2$ м², коефіцієнт заповнення $\psi = 0,9$, коефіцієнт кута нахилу $c = 0,7$, вантаж – антрацит $\rho = 0,85$ т/м³, за зміну переміщається $Q_e = 1000$ т, тривалість зміни 6 год, час роботи конвеєра за зміну 4,2 год, коефіцієнт нерівномірності за машинний час $k = 1,5$. Яка середня годинна продуктивність за час зміни (експлуатаційна) і за машинний час?

3.13.

- Теоретична продуктивність конвеєра:

$$Q_T = \frac{Q_e \cdot k}{t_{зм} \cdot k_M} = \frac{1000 \cdot 1,5}{6 \cdot 0,7} = 357 \text{ т/год,}$$

крім того, $Q_T = 3600 \cdot S_{m,em} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v \cdot c$ т/год;

- теоретична продуктивність засобів безперервного транспорту:

$$Q_T = 3,6 \cdot q \cdot v \text{ т/год, звідки } v = \frac{Q_T}{3,6 \cdot q} \text{ м/с;}$$

- мінімальна швидкість: $v_{\min} = \frac{357}{3600 \cdot 0,2 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,85} = 0,93$ м/с;

- середня годинна продуктивність за час зміни: $Q_{cp}^e = \frac{1000}{6} = 167$ т/год;

- продуктивність за машинний час: $Q_{cp}^u = \frac{1000}{6 \cdot 0,7} = 239$ т/год.

3.14. Визначити мінімальну площу струменя матеріалу горизонтального конвеєра, якщо коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу становить $\psi = 0,9$, матеріал, що транспортується, – марганцева руда ($\rho = 1,2 - 1,6$ т/м³), швидкість руху вантажонесучого органа $v = 3,5$ м/с, експлуатаційна продуктивність реального вантажопотоку становить $Q_e = 1800$ т/зм, тривалість зміни $t_{зм} = 7$ год, коефіцієнт машинного часу 0,9, коефіцієнт нерівномірності за машинний час $k = 1,25$.

3.14.

- Площа перерізу струменя вантажу: $S_g = S_{m,em} \psi$;

- машинний час: $t_M = t_{зм} k_M = 7 \cdot 0,9 = 6,3$ год;

- теоретична продуктивність конвеєра: $Q_T = Q_p = \frac{Q_{зм} k}{t_M} = \frac{1800 \cdot 1,25}{6,3} = 357$ т/год;

- теоретична площа перерізу вантажу $S_{m,em} = \frac{Q_T}{3600 \psi \rho} = \frac{357}{3600 \cdot 0,9 \cdot 1,4} = 0,022$ м².

3.15. Визначити всі види продуктивності (теоретичну, т/год, експлуатаційну, т/зм, середню, т/год, максимальну миттєву, т/год) транспортної установки безперервної дії, якщо теоретична площа струменя матеріалу $S_{m.см} = 0,15 \text{ м}^2$, швидкість руху $v = 1,0 \text{ м/с}$, щільність вантажу $\rho = 1,1 \text{ т/м}^3$, коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу $\psi = 0,9$, коефіцієнт кута нахилу $c = 0,7$, час зміни $t_{зм} = 7 \text{ год}$, коефіцієнт машинного часу $k_M = 0,7$, коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = 1,3$.

3.15.

– Теоретична продуктивність конвеєра:

$$Q_T = 3600 \cdot S_{m.см} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v \cdot c = 3600 \cdot 0,15 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,7 = 374,2 \text{ т/год};$$

– експлуатаційна продуктивність: $Q_e = \frac{Q_T \cdot t_{зм} \cdot k_M}{k} = \frac{374,2 \cdot 7 \cdot 0,7}{1,3} = 1410,5 \text{ т/зм};$

– машинний час: $t_M = t_{зм} \cdot k_M = 7 \cdot 0,7 = 4,9 \text{ год};$

– продуктивність за час зміни: $Q_{сп}^{зм} = \frac{Q_e}{t_{зм}} = \frac{1410,5}{7} = 202 \text{ т/год};$

– максимальна миттєва продуктивність: $Q_{max} = \frac{Q_e \cdot k}{t_M} = \frac{1410,5 \cdot 1,3}{4,9} = 375 \text{ т/год}.$

3.16. Визначити всі види продуктивності транспортної установки безперервної дії, якщо теоретична площа струменя матеріалу $S_{m.см} = 0,25 \text{ м}^2$, швидкість руху $v = 2,0 \text{ м/с}$, щільність вантажу $\rho = 1,2 \text{ т/м}^3$, коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу $\psi = 0,85$, коефіцієнт кута нахилу $c = 0,8$, час зміни $t_{зм} = 7 \text{ год}$, коефіцієнт машинного часу $k_M = 0,8$, коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = 1,5$.

3.16.

– Теоретична продуктивність конвеєра:

$$Q_T = 3600 \cdot S_{m.см} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v \cdot c = 3600 \cdot 0,25 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 2,0 \cdot 0,8 = 1469 \text{ т/год};$$

– експлуатаційна продуктивність: $Q_e = \frac{Q_T \cdot t_{зм} \cdot k_M}{k} = \frac{1469 \cdot 7 \cdot 0,8}{1,5} = 5484 \text{ т/зм};$

– машинний час: $t_M = t_{зм} \cdot k_M = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ год};$

– продуктивність за час зміни: $Q_{сп}^{зм} = \frac{Q_e}{t_{зм}} = \frac{5484}{7} = 783 \text{ т/год};$

– максимальна продуктивність: $Q_{max} = \frac{Q_e \cdot k}{t_M} = \frac{5484 \cdot 1,5}{5,6} = 1469 \text{ т/год}.$

3.17. Визначити продуктивність транспортної установки безперервної дії, якщо швидкість руху вантажу $v = 2,5 \text{ м/с}$, довжина транспортування $l = 800 \text{ м}$, маса вантажу на всій довжині установки $m = 8 \text{ т}$.

3.17.

– Теоретична продуктивність: $Q = 3,6 \cdot q \cdot v$, т/год;

де q – лінійна маса вантажу: $q = \frac{m}{l} = \frac{8000}{800} = 10 \text{ кг/м};$

$$Q_T = 3,6 \cdot 10 \cdot 2,5 = 90 \text{ т/год}.$$

3.18. Визначити середню годинну продуктивність Q_{cp} за машинний час, за час зміни й розрахунковий вантажопотік Q_p , якщо змінна продуктивність $Q_{зм} = 500$ т/зм, час роботи транспортної установки за шестигодинну зміну $t_M = 4$ год, коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = 1,5$.

3.18.

– Розрахунковий вантажопотік: $Q_p = Q_T$; $Q_T = \frac{Q_{зм} \cdot k}{t_M} = \frac{500 \cdot 1,5}{4} = 187,5$ т/год;

– середня продуктивність за машинний час: $Q_{зм}^M = \frac{Q_{зм}}{t_M} = \frac{500}{4} = 125$ т/год;

– середня продуктивність за час зміни: $Q_{cp}^z = \frac{Q_{зм}}{t_{зм}} = \frac{500}{6} = 83$ т/год.

3.19. Визначити теоретичну продуктивність горизонтального конвеєра, якщо теоретична площа струменя матеріалу $S_{m.ем} = 0,5$ м², швидкість руху стрічки $v = 1,0$ м/с, щільність вантажу $\rho = 1,7$ т/м³, коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу $\psi = 0,9$. Знайти змінну продуктивність (за машинний час і час зміни в т/год), якщо коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = 1,5$, час зміни

$t_{зм} = 6$ год, коефіцієнт машинного часу $k_M = 0,8$.

3.19.

– Теоретична продуктивність конвеєра:

$$Q_T = 3600 \cdot S_{m.ем} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v = 3600 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1,7 \cdot 1,0 = 2754 \text{ т/год};$$

– змінна продуктивність:

$$Q_{зм} = \frac{Q_T \cdot t_{зм} \cdot k_M}{k} = \frac{2754 \cdot 6 \cdot 0,8}{1,5} = 8813 \text{ т/зм};$$

– машинний час: $t_M = t_{зм} \cdot k_M = 6 \cdot 0,8 = 4,8$ год;

– продуктивність за машинний час: $Q_{cp}^M = \frac{Q_{зм}}{t_M} = \frac{8813}{4,8} = 1836$ т/год;

– продуктивність за час зміни: $Q_{cp}^{зм} = \frac{Q_{зм}}{t_{зм}} = \frac{8813}{6} = 1469$ т/год.

3.20. Ємність ковша елеватора $V = 100$ л, відстань між ковшами $l = 2$ м, щільність вантажу, що транспортується, $\rho = 1,5$ т/м³, ковші заповнені на 80% обсягу ($k_s = 0,8$). Визначити теоретичну продуктивність елеватора в т/год, якщо швидкість руху його ланцюга 1,5 м/с. Яка буде змінна (експлуатаційна) продуктивність Q_e , якщо теоретична максимальна буде при $k'_s = 1$, час зміни $t_{зм} = 7$ год, коефіцієнт машинного часу $k_M = 0,7$, коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = 1,3$?

3.20.

– Лінійна маса вантажу: $q = \frac{V \cdot k_s \cdot \rho}{l}$; при $k_s = 0,8$ $q = \frac{0,1 \cdot 0,8 \cdot 1500}{2} = 60$ кг/м,

при $k_s = 1$ $q = \frac{0,1 \cdot 1,0 \cdot 1500}{2} = 75$ кг/м;

– теоретична продуктивність конвеєра: $Q_T = 3,6 \cdot q \cdot v$ т/год, при $k_s = 0,8$ $Q_T = 3,6 \cdot 60 \cdot 1,5 = 324$ т/год, при $k'_s = 1$ $Q_T = 3,6 \cdot 75 \cdot 1,5 = 405$ т/год або $Q'_T = \frac{Q_T \cdot k_s}{k'_s} = \frac{324 \cdot 1,0}{0,8} = 405$ т/год.

Прийнявши $Q_p = 405$ т/год (при $k'_s = 1$), з урахуванням заданого коефіцієнту нерівномірності вантажопотоку $k = 1,3$, маємо: $Q_{cp} = \frac{Q_p}{k} = \frac{405}{1,3} = 312$ т/год. У цьому випадку

$Q_{зм} = Q_{cp} \cdot t_{зм} \cdot k_m = 312 \cdot 7 \cdot 0,7 = 1530$ т/зм. Такою ж (1530 т/зм) буде й експлуатаційна (за час зміни), а її середня годинна $Q_{cp} = \frac{1530}{7} = 220$ т/год.

3.21. Визначити змінну продуктивність транспортного засобу за шестигодинну робочу зміну, якщо за машинний час середня годинна продуктивність становить $Q_{гд} = 180$ т/год, а коефіцієнт машинного часу $k_m = 0,7$. Матеріал, що транспортується, – антрацит $\rho = 1,0$ т/м³. Яке значення буде мати коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку k , якщо при його експериментальному визначенні за 5 с наповнилася мірна ємність 300 кг?

3.21.

– змінна продуктивність: $Q_{зм} = Q_{cp} \cdot t_{зм} \cdot k_m = 180 \cdot 6 \cdot 0,7 = 756$ т/зм;

– максимальна продуктивність, отримана при експерименті: $Q_{max} = 300 \frac{3600}{5} = 216$ т/год;

– коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку: $k = \frac{Q_{max}}{Q_{cp}} = \frac{216}{180} = 1,22$.

3.22. Визначити продуктивність засобу транспорту безперервної дії, якщо теоретична площа струменя вантажу $S_{m.ем} = 0,5$ м², швидкість руху вантажу $v = 1,2$ м/с, щільність вантажу $\rho = 1,5$ т/м³, коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу $\psi = 0,8$, коефіцієнт кута нахилу $c = 1,0$.

3.22.

Теоретична продуктивність конвеєра:

$$Q_T = 3600 \cdot S_{m.ем} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v \cdot c = 3600 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2592 \text{ т/год.}$$

3.23. Визначити теоретичну годинну й змінну експлуатаційну продуктивність засобу транспорту безперервної дії, якщо теоретична площа потоку вантажу $S_{m.ем} = 0,15$ м², швидкість руху вантажу $v = 1,0$ м/с, щільність вантажу – $\rho = 1,1$ т/м³, коефіцієнт заповнення теоретичного перерізу $\psi = 0,9$, коефіцієнт кута нахилу $c = 0,7$, коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = 2$, час зміни $t_{зм} = 6$ год, коефіцієнт машинного часу $k_m = 0,6$.

3.23.

– Теоретична продуктивність конвеєра:

$$Q_T = 3600 \cdot S_{m.ем} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v \cdot c = 3600 \cdot 0,15 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 374 \text{ т/год;}$$

– експлуатаційна продуктивність:

$$Q_{\dot{a}} = \frac{Q_T \cdot t_{\dot{a}} \cdot k_i}{k} = \frac{374 \cdot 6 \cdot 0,6}{2} = 673 \text{ т/зм.}$$

3.24. Визначити й побудувати графік залежності максимальної продуктивності горизонтальної установки безперервної дії (стрічковий або скребковий конвеєр) від збільшення довжини транспортування, якщо відома допустима сила натягу тягового органа (стрічки, ланцюга) $F_{дон}$.

3.25. Визначити коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку k засобу транспорту безперервної дії за час півоберту стрічки, якщо маса вантажу на кожній третині довжини – $m_1 > m_2 > m_3$, кг.

3.25.

– Коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку: $k = \frac{Q_{\max}}{Q_{cp}}$;

– продуктивність: $Q_{cp} = 3,6 \cdot q_{cp} \cdot v$, т/год; $Q_{\max} = 3,6 \cdot q_{\max} \cdot v$, т/год;

– лінійна маса вантажу: $q_{cp} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{L}$ кг/м; $q_{\max} = q_1 = \frac{m_1}{L_1}$ кг/м;

$$k = \frac{3,6 \cdot q_{\max} \cdot v}{3,6 \cdot q_{cp} \cdot v} = \frac{m_1 \cdot L}{L_1 \cdot (m_1 + m_2 + m_3)} = \frac{m_1 \cdot L}{\frac{L}{3} \cdot (m_1 + m_2 + m_3)} = \frac{3 \cdot m_1}{(m_1 + m_2 + m_3)}.$$

Приклади:

Нехай $m_1 = m_2 = m_3$, тоді $k = \frac{3 \cdot m_1}{(m_1 + m_2 + m_3)} = \frac{3 \cdot m_1}{3 \cdot m_1} = 1$.

Нехай $m_2 = \frac{1}{3} m_1$, $m_3 = \frac{1}{4} m_1$, тоді $k = \frac{3 \cdot m_1}{\left(m_1 + \frac{m_1}{3} + \frac{m_1}{4}\right)} = \frac{3 \cdot m_1 \cdot 12}{19 \cdot m_1} = \frac{36}{19} = 1,9$.

Нехай $m_2 = \frac{1}{2} m_1$, $m_3 = \frac{1}{4} m_1$, тоді $k = \frac{3 \cdot m_1}{\left(m_1 + \frac{m_1}{2} + \frac{m_1}{4}\right)} = \frac{3 \cdot m_1 \cdot 4}{7 \cdot m_1} = \frac{12}{7} = 1,7$.

3.26. Визначити нормативну змінну продуктивність Q_{3M}^H і коефіцієнт резерву r змінної продуктивності стрічкового конвеєра, якщо його теоретична продуктивність $Q_T = 300$ т/год, коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку $k = 1,5$, середня фактична продуктивність конвеєра $Q_{cp} = 150$ т/год, нормативні значення $k^H = 1,25$ і $k_M^H = 0,9$, час зміни $t_{3M} = 6$ год, машинний час $t_M = 5$ год.

3.26.

– Коефіцієнт резерву змінної продуктивності: $r = \frac{Q_{3M}^H}{Q_{3M}^p}$ або $r = \frac{1}{k_s} \cdot \frac{k^f}{k} \cdot \frac{k_i^f}{k_i}$;

– коефіцієнт інтенсивності: $k_i = \frac{Q_{3M}^{\max}}{Q_T}$, $k_i = \frac{225}{300} = 0,75$;

де $Q_{3M}^{\max} = Q_{cp} \cdot k = 150 \cdot 1,5 = 225$ т/год;

– коефіцієнт машинного часу: $k_M = \frac{t_M}{t_{3M}} = \frac{5}{6} = 0,83$;

– коефіцієнт резерву: $r = \frac{100}{75} \cdot \frac{1,5}{1,25} \cdot \frac{9 \cdot 6}{10 \cdot 5} = 1,33 \cdot 1,2 \cdot 1,08 = 1,72$;

– фактична змінна продуктивність: $Q_{зм}^ф = Q_{сп} \cdot t_{зм} \cdot k_M = 150 \cdot 6 \cdot \frac{5}{6} = 750$ т/зм;

– нормативна продуктивність: $Q_{зм}^н = Q_{зм}^ф \cdot r = 750 \cdot 1,72 = 1290$ т/зм;

– абсолютна величина граничного збільшення змінної продуктивності за рахунок використання резерву: $\Delta_{т.зм} = Q_{зм}^н - Q_{зм}^ф = 1290 - 750 = 540$ т/зм;

Визначення теоретичної величини збільшення продуктивності по кожній із трьох складових, зазначених у формулі для r :

– сума часток по джерелах: $\Delta_m = \Delta'_m + \Delta''_m + \Delta'''_m = 0,33 + 0,2 + 0,08 = 0,61$.

Величина 0,61 – це 100% збільшення $\Delta_{\delta.г} = 540$ т/зм, отже:

– $\frac{0,33}{0,61} \cdot 100\% = 55\%$ або $0,55 \cdot 540 = 297$ т/зм – від підвищення використання конвеєра по

продуктивності;

– $\frac{0,2}{0,61} \cdot 100\% = 33\%$ або $0,33 \cdot 540 = 178$ т/зм – від зниження нерівномірності

вантажопотоку;

– $\frac{0,08}{0,61} \cdot 100\% = 12\%$ або $0,12 \cdot 540 = 65$ т/зм – від збільшення робочого часу (підвищення

коефіцієнта машинного часу).

3.27. Визначити нормативну продуктивність $Q_{зм}^н$ і резерв продуктивності r , указавши джерело резерву, якщо дано: теоретичну продуктивність транспортної машини $Q_T = 300$ т/год, час зміни $t_{зм} = 6$ год, коефіцієнти інтенсивності $k_i = 0,8$, коефіцієнт нерівномірності й машинного часу відповідно $k = 1,5$, $k_M = 0,6$, їхні нормативні значення $k^n = 1,3$ і $k_M^n = 0,8$.

3.27.

– Коефіцієнт резерву: $r = \frac{Q_{зм}^н}{Q_{зм}^ф}$ або $r = \frac{1}{k_s} \cdot \frac{k^i}{k} \cdot \frac{k_i^n}{k_i} = \frac{1}{0,8} \cdot \frac{1,5}{1,3} \cdot \frac{0,8}{0,6} = 1,25 \cdot 1,15 \cdot 1,33 = 1,92$;

де $Q_{зм}^ф$ – фактична продуктивність, т/зм, $Q_{зм}^н$ – нормативна, т/зм;

– максимальна досягнута (фактична) продуктивність:

$$Q_{зм}^{\max} = Q_T \cdot k_i = 300 \cdot 0,8 = 240 \text{ т/год};$$

– середня змінна продуктивність за машинний час: $Q_{сп.зм}^ф = \frac{Q_{зм}^{\max}}{k} = \frac{240}{1,5} = 160$ т/год або

$$Q_{зм}^ф = Q_{сп.зм}^ф \cdot t_{зм} \cdot k_M = 160 \cdot 6 \cdot 0,6 = 576 \text{ т/зм};$$

– нормативна продуктивність: $Q_{зм}^н = Q_{зм}^ф \cdot r = 576 \cdot 1,92 = 1066$ т/зм.

Коефіцієнт резерву $r = 1,92$ показує, що теоретично фактичну продуктивність можна збільшити на $(1,92 - 1)100\% = 92\%$. У розглянутій задачі найбільший вплив на можливе збільшення продуктивності буде за рахунок збільшення коефіцієнта машинного часу ($1 - 1,33 = 0,33$), потім за рахунок підвищення інтенсивності використання машини ($1 - 1,25 = 0,25$), а потім за рахунок зменшення коефіцієнта нерівномірності.

Абсолютне значення можливого збільшення змінної продуктивності: $\Delta_{т.зм} = Q_{зм}^н - Q_{зм}^ф = 1066 - 576 = 490$ т/зм, воно розподіляється по джерелах резерву пропорційно величинам числа, що перевищує одиницю.

Прийнявши за 100% збільшення продуктивності число, рівне сумі: $\Delta_{\delta} = 0,25 + 0,158 + 0,33 = 0,738$, легко обчислити, що перший співмножник резерву r (інтенсивність) дає збільшення продуктивності 34% або 196 т/зм, другий (нерівномірність) – 21,5% або 124 т/зм і третій (машинний час) – 44,5% або 256 т/зм.

3.28. Визначити теоретичну продуктивність транспортної установки періодичної дії (Q_T , т/год), а також середню (Q_{cp} , т/год) за робочий час $t_m = 4,5$ год і експлуатаційну (Q_e , т/зм) за час зміни $t_{zm} = 6$ год, якщо кількість вагонів у составі $z = 10$ шт., геометрична ємність вагонетки $V = 3,3 \text{ м}^3$, довжина транспортування $L = 1500$ м, технічна швидкість руху без вантажу $v_x = 4$ м/с, робочого, з вантажем $v_p = 3$ м/с, тривалість паузи за цикл $\Theta = 900$ с, щільність вантажу $\rho = 1,1 \text{ т/м}^3$, коефіцієнт заповнення $\psi = 0,8$, коефіцієнт зменшення швидкості руху $k_{\theta} = 0,9$.

3.28.

– Вантажопідйомність одного вагона: $m = V \cdot \rho_{\text{вг}} \cdot \psi \cdot 1000 = 1000 \cdot 3,3 \cdot 1,1 \cdot 0,8 = 2904$ кг;

– час рейса (циклу): $T_{\delta} = \frac{L}{k_{\theta} \cdot v_x} + \frac{L}{k_{\theta} \cdot v_p} + \Theta = \frac{1500}{0,9 \cdot 4} + \frac{1500}{0,9 \cdot 3} + 900 = 1873$ с;

– теоретична продуктивність (вона ж і середня за робочий час):

$$Q_T = 3,6 \cdot z \cdot \frac{m}{T_p} = \frac{3,6 \cdot 10 \cdot 2904}{1873} = 56 \text{ т/год};$$

– експлуатаційна продуктивність: $Q_e = 56 \cdot 4,5 = 252$ т/зм;

– середня продуктивність за час зміни: $Q_{zm}^{cp} = \frac{252}{6} = 42$ т/год.

3.29. За умовами завдання **3.28** визначити експлуатаційну (Q_e , т/зм) і теоретичну (Q_T , т/год) продуктивності, а також коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку транспортного засобу періодичної дії, якщо безперервне навантаження згаданого потоку здійснюється в составі з 15 вагонеток, час кожного рейса відрізняється від попереднього на 4 хв (збільшується) і за робочий час здійснюється ціле число рейсів. Час роботи за зміну – 5 год, зміна – 6 год.

3.29.

– Час рейсів: першого – 1873 с, другого – 2113 с, третього – 2353 с, четвертого – 2590 с, п'ятого – 2830 с, шостого – 3070 с, сьомого – 3310 с. За 7 рейсів робочий час t_p складе близько 5 год.

– час першого рейса (циклу):

$$T_{\delta} = \frac{L}{k_{\theta} \cdot v_x} + \frac{L}{k_{\theta} \cdot v_p} + \Theta = \frac{1500}{0,9 \cdot 4} + \frac{1500}{0,9 \cdot 3} + 900 = 1873 \text{ с};$$

– максимальна продуктивність (перший рейс):

$$Q_T = 3,6 \cdot z \cdot \frac{m}{T_p} = \frac{3,6 \cdot 15 \cdot 2904}{1873} = 84 \text{ т/год};$$

– середня продуктивність: $Q_T^{cp} = \frac{n_{\text{рейс}} \cdot z \cdot m}{t_p} = \frac{7 \cdot 15 \cdot 2904}{5} = 61 \text{ т/год};$

– експлуатаційна продуктивність: $Q_e = 7 \cdot 15 \cdot 2904 = 305$ т/зм;

– коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку: $k = \frac{Q_T^{\max}}{Q_T^{cp}} = \frac{84}{61} = 1,38$.

3.30. Визначити, скільки потрібно составів з 20 вагонеток ВГ-1,6 для забезпечення продуктивності $Q = 70$ т/год під час перевезення кам'яного вугілля за зміну тривалістю 6 годин; коефіцієнт заповнення вагонетки $\psi = 0,8$; щільність вугілля $\rho = 0,9$ т/м³; робочий час $t_p = 5$ год.

3.30.

– Вантажопідйомність однієї вагонетки: $m = V \cdot \rho_{вуг} \cdot \psi = 1,6 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,15$ т;

– кількість вантажу за зміну: $Q_{зм} = Q_{cp} \cdot t_{зм} = 70 \cdot 5 = 350$ т/зм;

– кількість вагонеток: $z = \frac{Q_{зг}}{m} = \frac{350}{1,15} = 305$ шт., а составів – $\frac{305}{20} = 15$.

3.31. Визначити теоретичну продуктивність (Q_T , т/год) транспортної установки періодичної дії й експлуатаційну (Q_e , т/зм) за шестигодинну зміну ($t_p = 5$ год, $k = 1,5$), якщо кількість посудин у составі $z = 10$, вантажопідйомність однієї посудини $m = 1,5$ т, довжина транспортування $L = 1000$ м, середня швидкість руху $v = 8$ км/год, тривалість паузи $\Theta = 20$ хв, коефіцієнт зниження швидкості $k_{ш} = 0,6$.

3.31.

– Час рейса (циклу): $T_{\delta} = \frac{L}{k_c \cdot v_x} + \frac{L}{k_c \cdot v_p} + \Theta = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 3600}{8 \cdot 1000 \cdot 0,6} + 1200 = 2700$ с;

– теоретична продуктивність: $Q_T = 3,6 \cdot z \cdot \frac{m}{T_p} = \frac{3,6 \cdot 10 \cdot 1500}{2700} = 20$ т/год;

– експлуатаційна (змінна) продуктивність:

$$Q_e = Q_{зм} = \frac{Q_T \cdot t_{зм} \cdot k_p}{k} = \frac{20 \cdot 6 \cdot 5 / 6}{1,5} = 66,6 \text{ т/зм};$$

– середня продуктивність за робочий час: $Q_{cp,p} = \frac{Q_e}{t_p} = \frac{66,6}{5} = 13,3$ т/год;

– за час зміни $Q_{пд.зг} = \frac{Q_e}{t_{зг}} = \frac{66,6}{6} = 11$ т/год.

3.32. З бункера, наповненого вугіллям, провадиться відкатка одним електровозом складами з 20 двотонних вагонеток. За робочий час відкатки $t_p = 4$ год при шестигодинній зміні вивантажується $Q_{зм}^{\phi} = 240$ т вугілля (6 составів). Електровоз здійснює за зміну по два однакових рейси тривалістю 30, 40 і 50 хвилин. Розрахунок відкатки виконаний на змінну продуктивність $Q_{зм} = 400$ т/год при $k^H = 1,15$ і $k_p^H = 5/6$. Визначити коефіцієнт нерівномірності фактичного вантажопотоку (електровозної відкатки), коефіцієнт резерву продуктивності й питомий вплив на збільшення продуктивності кожного із джерел резерву у випадку їхнього використання. Побудувати один з можливих

варіантів графіків зміни маси вивантаженого з бункера вугілля й змін розрахункової й фактичної продуктивності за зміну, а також скласти рекомендації з використання резерву.

3.32.

– Фактична продуктивність відкатки:

$$\text{середня } (T_p^{cp} = 40 \text{ хв}) \quad Q_{cp}^{\phi} = \frac{Q_{зм}^{\phi}}{t_{зм} \cdot k_p} = \frac{240}{6 \cdot \frac{4}{6}} = 60 \text{ т/год, де } k_m = \frac{t_p}{t_{зм}} = \frac{4}{6} \text{ – коефіцієнт}$$

робочого часу;

$$\text{максимальна } (T_p^{\max} = 30 \text{ хв}) \quad Q_{\max}^{\phi} = m \cdot z \cdot n'_p = 2000 \cdot 20 \cdot 2 = 80 \text{ т/год, де } n'_p = \frac{60}{30} = 2 \text{ –}$$

кількість рейсів за годину;

$$\text{мінімальна } (T_p^{\min} = 50 \text{ хв}) \quad Q_{\min}^{\phi} = m \cdot z \cdot n''_p = 2000 \cdot 20 \cdot \frac{6}{5} = 48 \text{ т/год, де } n''_p = \frac{60}{50} = \frac{6}{5} \text{ –}$$

кількість рейсів за годину;

– коефіцієнт робочого (машинного) часу: $k_p = \frac{t_p}{t_{зм}} = \frac{4}{6} = 0,67$;

– коефіцієнт нерівномірності відкатки: $k = \frac{Q_{\max}^{\phi}}{Q_{cp}^{\phi}} = \frac{80}{60} = \frac{4}{3} = 1,33$;

– Розрахункові значення продуктивності:

середня $Q_{cp}^p = \frac{Q_e}{t_{зм} \cdot k_m} = \frac{400}{6 \cdot \frac{5}{6}} = 80 \text{ т/год;}$

максимальна (теоретична) $Q_T = Q_{\max}^p = \frac{Q_e \cdot k}{t_{зм} \cdot k_m} = \frac{400 \cdot 1,15}{6 \cdot \frac{5}{6}} = 92 \text{ т/год;}$

– коефіцієнт використання відкатки: $k_i = \frac{Q_{\max}^{\phi}}{Q_T} = \frac{80}{92} = 0,87$;

– резерв продуктивності: $r = \frac{Q_{зм}^n}{Q_{зм}^{\phi}} = \frac{400}{240} = 1,67$;

– джерела резерву: $r = \frac{1}{k_i} \cdot \frac{k^n}{k} \cdot \frac{k_m^n}{k_m} = \frac{100}{87} \cdot \frac{1,33}{1,15} \cdot \frac{5}{4} = 1,149 \cdot 1,156 \cdot 1,25 = 1,66$.

Тут індексами “ ϕ ” і “ n ” позначені фактичні (досягнуті) і нормативні (розрахункові) значення.

– Величина резерву продуктивності: $\Delta = Q_{зм}^n - Q_{зм}^{\phi} = 400 - 240 = 160 \text{ т/зм;}$

– величини часток збільшень:

від підвищення інтенсивності $\Delta_i = \frac{1}{k_s} - 1 = 1,149 - 1 = 0,149$;

від зниження нерівномірності $\Delta_n = \frac{k^i}{k} - 1 = 1,156 - 1 = 0,156$;

від збільшення робочого часу $\Delta_{pч} = \frac{k_i^i}{k_i} - 1 = 1,25 - 1 = 0,25$;

– сума часток збільшення: $\sum \Delta = 0,149 + 0,156 + 0,25 = 0,55$;

Величина 0,55 – це 100% збільшення, звідки на Δ_i доводиться $\frac{0,149}{0,55} \cdot 100\% = 27\%$ або

$0,27 \cdot 160 = 43$ т/зм, аналогічно на Δ_n – 43 т/зм і на $\Delta_{рч}$ – 74 т/зм.

Рекомендації з використання резерву:

- зменшення середньої величини часу циклу до 30 хвилин,
- зменшення максимальної продуктивності до 92 т/год (за рахунок скорочення часу частини рейсів приблизно до 25 хвилин),
- збільшення робочого часу зміни до 5 годин.

На рис. 3.7, а зображені можливі варіанти графіків продуктивності Q вивантаження бункера (а) і змін кількості вивантаженого вугілля m (б) у часі.

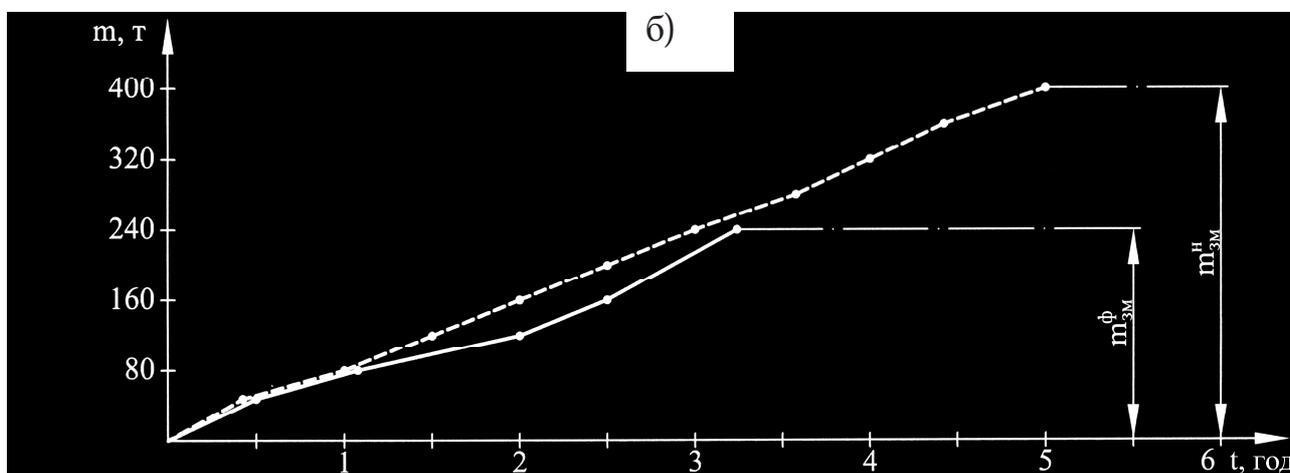
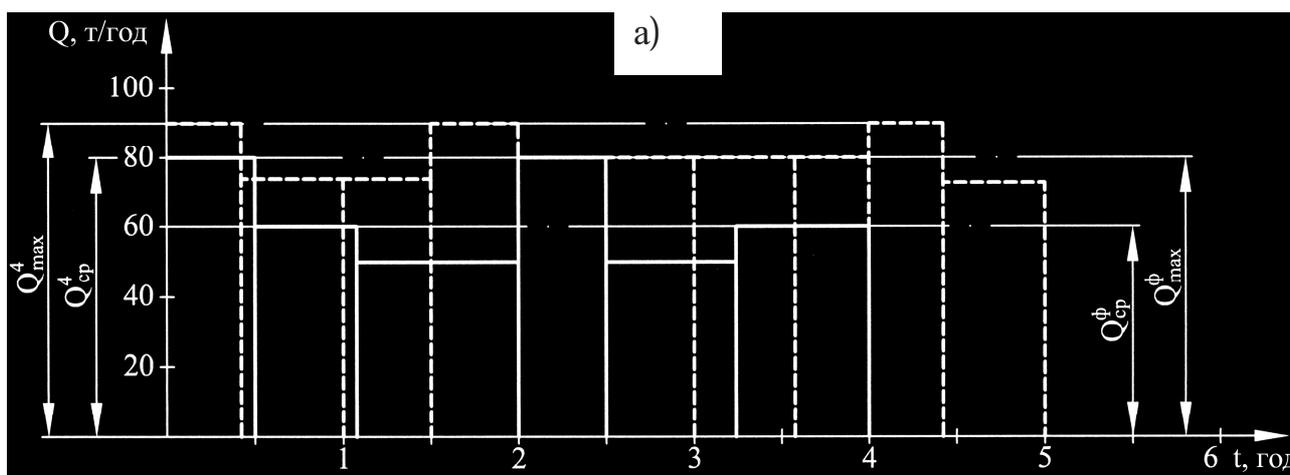


Рис. 3.7. Графіки продуктивності відкатки (а) і кількості вивантаженого з бункера вантажу (б) у часі: суцільна лінія – досягнуті (фактичні) значення, переривчаста – нормативні (проектні)

4. Сила тяги для переміщення зосереджених і розподілених вантажів. Натяг гнучкого тягового органа

Зосереджений вантаж (наприклад, вагонетка) має розміри в напрямку трьох взаємоперпендикулярних 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 розтягальну силу.

Розподілений вантаж (наприклад, скребковий ланцюг із приєднаними до нього елементами й переміщуваним вантажем; стрічка з вантажем і підтримуючими її роликкоопорами – вони приєднані до неї силами тертя) відрізняється від зосередженого тим, що він: має на кілька порядків більший розмір по довжині, чим по ширині й висоті, може переміщатися як у прямому, так і у вигнутому вигляді й головне – він завжди розтягнутий (стискальні сили не сприймаються). Із цієї причини далі термін “натяг” варто розуміти як силу розтягання, що приходить на весь поперечний переріз ланцюга, стрічки, каната в даному конкретному місці по довжині (не плутати з терміном “напруження”).

При рішенні задач користуються схематичним зображенням розподіленого вантажу, у вигляді суцільної лінії, переріз позначають цифрою або буквою й застосовують при цьому термін “натяг у точці”. Саме точка умовно зображує весь поперечний переріз, тому розмірність натягу, як і сили – Ньютон (Н).

При переміщенні будь-якого вантажу зовнішня сила, прикладена до нього – сила тяги – урівноважується силами: опору руху від тертя (тертя ковзання, тертя катання та ін.); від інерції; від поздовжньої складової ваги вантажу (сили ваги). Перша з названих є присутня завжди при прикладанні зовнішньої сили (сили тяги), інші дві (одна або обидві одночасно) можуть і не бути. Залежно від величини прикладеної зовнішньої та врівноважувальної її реактивних – однієї, двох або одночасно трьох сил, вантаж або рухається рівномірно чи прискорено, або нерухомий. Помилковим є твердження, що часто зустрічається, що для руху сила тяги (зовнішня сила, прикладена до вантажу) повинна бути децю більше сил опору, тому що таке твердження суперечить третьому закону Ньютона (дія рівна протидії). З таким твердженням можна погодитися, якщо враховувати силу опору тільки від тертя й не враховувати одну чи дві інші.

Опір від тертя присутній завжди при русі й при спокої. В останньому випадку зовнішня, прикладена до вантажу сила тяги від нуля до моменту початку руху дорівнює неповній силі тертя спокою. Обчислити її через силу притиснення тіл і коефіцієнт тертя не можна. Можна сказати, що, аналогічно ковзанню, коефіцієнт тертя неповної сили тертя спокою змінюється від нуля до величини повного коефіцієнта тертя спокою (момент початку руху – повна сила тертя спокою). Тільки з моменту початку руху й далі прикладена сила притиснення третьових тіл і сила

тертя пропорційні й пов'язані наближеною залежністю Кулона-Амонтона:

$$f = \frac{F}{N},$$

де f – коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт тертя); F і N – сили тяги (тертя) і притиснення тіл друг до друга.

Сила інерції нерівномірного поступального руху визначається за відомою формулою $P_i = m \cdot a$, де m – маса рухомих частин, кг; a – прискорення (уповільнення із знаком мінус), m/s^2 . Колеса вагонеток і локомотива при нерівномірному русі беруть участь у двох нерівномірних рухах одночасно: поступальному і обертальному. Інерція останнього враховується тим, що величину P_i збільшують на $\delta = 0,05 \div 0,1$, де δ – коефіцієнт інерції мас, що обертаються. Для вагонеток і локомотивів $\delta = 0,05 \div 1,1$. Хоча коефіцієнт δ для порожніх вагонеток більший, ніж для навантажених, в розрахунках звичайно приймають його більше або середнє значення, однакове і для локомотивів.

Сила ваги або сприяє, або перешкоджає руху, проявляється при русі по колії з кутом нахилу, що відрізняється від нуля, і спрямована завжди доліщчю, по траєкторії руху.

Всі задачі по визначенню сили тяги для переміщення будь-яких вантажів вирішуються шляхом складання рівняння руху $F = W \pm T + P_i$ у величинах, що характеризують масу вантажу m , кг, коефіцієнт опору руху f , $\sin \beta$ і $\cos \beta$ кута нахилу траєкторії, прискорення a m/s^2 поступального руху й коефіцієнта, що враховує інерцію обертаних мас δ .

4.1. Визначити силу тяги для переміщення зосередженого вантажу нагору (і униз) по похилій площині з постійною швидкістю, якщо його маса становить $m = 100$ кг, коефіцієнт опору руху $w = 0,1$, кут нахилу площини до горизонту $\beta = 10^\circ$.

4.1.

Загальне рівняння руху зосередженого вантажу по похилій площині:

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

де F – сила тяги, спрямована убік руху; $W = m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta$ – сила опору від тертя, спрямована завжди убік, протилежний руху; $T = m \cdot g \cdot \sin \beta$ – сила – поздовжня складова сили тяжіння (ваги), спрямована завжди донизу по траєкторії руху; плюс ставиться при русі нагору, мінус – при русі й униз; $P_i = m \cdot a$ – сила інерції при прискоренні (a “+”) позитивна, спрямована проти руху (як і сила від тертя) і при вповільненні (a “–”) негативна, спрямована за напрямком руху.

При $v = const$, ($a = 0$) сила тяги нагору:

$$F' = m \cdot g \cdot (w \cdot \cos \beta + \sin \beta) = 100 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^\circ + \sin 10^\circ) = 263 \text{ Ї} .$$

Сила тяги вниз:

$$F'' = m \cdot g \cdot (w \cdot \cos \beta - \sin \beta) = 100 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^\circ - \sin 10^\circ) = -71 \text{ Ї} .$$

Мінус біля сили F указує на напрямок її, протилежний руху, тобто щоб зберігати постійну швидкість руху вниз, потрібна сила, рівна 71 Н, спрямована нагору.

4.2. Вирішити задачу **4.1** за умови, що, рухаючись нагору або вниз, прискорення дорівнює $a = 1,5 \text{ м/с}^2$.

4.2.

Аналогічно **4.1** при русі нагору:

$$F' = m \cdot g \cdot (w \cdot \cos \beta + \sin \beta) + m \cdot a = 100 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^\circ + \sin 10^\circ) + 100 \cdot 1,5 = 417 \text{ Ї} .$$

При русі вниз:

$$F'' = m \cdot g \cdot (w \cdot \cos \beta - \sin \beta) + m \cdot a = 100 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot \cos 10^\circ - \sin 10^\circ) + 100 \cdot 1,5 = 79 \text{ Ї} .$$

Без сили 79 Н вантаж буде рухатися вниз самостійно із прискоренням:

$$a = \frac{F''}{m} = \frac{79}{100} = 0,8 \text{ і } /\text{ñ}^2 .$$

4.3. До вантажу масою $m = 100 \text{ кг}$, що перебуває на похилій ($\beta = 10^\circ$) площині, прикладена вниз, паралельно площині, сила $F = 100 \text{ Н}$. Визначити величину прискорення вантажу a , м/с^2 , якщо коефіцієнт опору руху $w = \text{tg}6^\circ$. Визначити швидкість руху вантажу через $t_1 = 5 \text{ с}$ після початку руху, а також силу B , яку потрібно прикласти до вантажу назустріч руху, щоб рівносповільнено зупинити його за $t_2 = 8 \text{ с}$, після t_1 .

4.3.

Рівняння руху вниз із прискоренням: $F = m \cdot g \cdot (w \cdot \cos \beta - \sin \beta) + m \cdot a_1$,

звідки $a_1 = \frac{F - m \cdot g \cdot (w \cdot \cos \beta - \sin \beta)}{m} = \frac{100 - 100 \cdot 9,81 \cdot (0,1 \cdot 0,985 - 0,174)}{100} = 1,737 \text{ і } /\text{ñ}^2$.

Швидкість вантажу через 5 с після початку руху:

$$v_5 = v_0 + a_1 \cdot t = 0 + 1,737 \cdot 5 = 8,685 \text{ м/с} .$$

Для зупинки за 8 с величина вповільнення: $a_2 = \frac{v_5}{t_2} = \frac{8,685}{8} = 1,085 \text{ м/с}^2$.

Довжина прискореного руху: $l_1 = v_0 \cdot t_1 = \frac{a_1 \cdot t_1^2}{2} = \frac{1,737 \cdot 5^2}{2} = 21,712 \text{ м}$.

Довжина вповільненого руху: $l_2 = \frac{a_2 \cdot t_2^2}{2} = \frac{1,085 \cdot 8^2}{2} = 34,720 \text{ і}$.

Сила, прикладена проти руху (сила гальмування B , Н)

$$P_u + T - W = B;$$

$$B = m \cdot a_2 + m \cdot g \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta = \\ = 100 \cdot 1,085 + 100 \cdot 9,81 \cdot 0,174 - 100 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 0,985 = 182 \text{ Ї} .$$

4.4. Визначити мінімальний кут нахилу площини до горизонту β , при якому вантаж переміщається вниз із постійною швидкістю від дії сили поздовжньої складової ваги, якщо мінімальне значення коефіцієнта опору руху $w_{\min} = 0,14$. Яким повинен бути кут нахилу площини, якщо в реальних умовах по колії ковзання w змінюється й максимальне його значення досягає $w_{\max} = 2w_{\min}$? Яким повинен бути мінімальний кут нахилу площини, щоб вантаж у стані спокою почав рух сам, якщо коефіцієнт опору спокою $w_{\text{нок}} = 0,2$?

4.4.

Відомо, що тангенс кута нахилу дорівнює коефіцієнту опору руху $\text{tg} \beta = w$ й визначає мінімальний кут, при якому вантаж рухається самостійно вниз із постійною швидкістю. Тому $\beta = \text{arctg} w = 8^\circ 36' = 9^\circ$. Щоб уникнути зупинки через збільшення w , кут нахилу

площини повинен бути не менш $\beta = \arctg 2w = 17^\circ$. Якщо $w_{нок} = 0,2$, для початку самопливного руху кут нахилу площини до горизонту повинен бути не менш $\beta_{\min} = \arctg 0,2 = 12^\circ$.

4.5. Визначити кут β нахилу площини до горизонту, якщо вантаж масою $m = 100$ кг рухається під дією сили $F = 100$ Н з постійною швидкістю $v = 3$ м/с нагору. Коефіцієнт опору руху $w = 0,1$, а $\cos \beta \cong 1$. Через який час і яку відстань пройде вантаж до зупинки, після того як перестане діяти сила F ?

4.5.

Рівняння руху: $F = W + T$

$$F = m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta + m \cdot g \cdot \sin \beta,$$

звідки $\sin \beta = \frac{F - m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta}{m \cdot g} = \frac{100 - 100 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 1}{100 \cdot 9,81} = 0,00193$, $\beta = \arcsin 0,00193 = 1^\circ 6' 20''$.

Кінетична енергія вантажу, що рухається: $E_k = \frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{100 \cdot 3^2}{2} = 450$ Дж.

Рівняння сповільненого руху до зупинки (закон кінетичної енергії):

$$E_k = (W + T) \cdot l_T,$$

звідки $l_T = \frac{E_k}{W + T} = \frac{450}{100 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 1 + 100 \cdot 9,81 \cdot 0,0193} = \frac{450}{98,1 + 18,9} = 3,84$ м.

Середня швидкість уповільненого руху: $v_{cp} = \frac{v_n + v_k}{2} = \frac{3 + 0}{2} = 1,5$ м/с.

Час сповільнення руху: $t = \frac{l_T}{v_{cp}} = \frac{3,85}{1,5} = 2,57$ с.

Перевірка: робота сил інерції P_i дорівнює E_k . $P_u = m \cdot a_T$; $a_T = \frac{v}{t} = \frac{3}{2,57} = 1,17$ м/с²;

$P_i = 100 \cdot 1,17 = 117$ Н; $E_k = P_i \cdot l_T = 117 \cdot 3,85 = 450$ Дж.

4.6. Визначити величину коефіцієнта опору руху вантажу масою $m = 100$ кг, що рухається по похилій площині з постійною швидкістю без впливу зовнішньої сили (крім сили ваги), якщо кут нахилу площини становить 12° . Як зміниться швидкість руху вантажу, якщо на ходу масу збільшувати в 2 рази, а коефіцієнт опору руху w зменшити на 30%?

4.6.

Рівняння руху вантажу з постійною швидкістю: $T - W = 0$, або $m \cdot g \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta = 0$, звідки $w = \operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} 12^\circ = 0,213$.

Як видно, w не залежить від m , тому збільшення її маси на ходу кінематичних параметрів руху не змінить. При зменшенні w на 30%, тобто $w = 0,7 \cdot w = 0,15$ вантаж масою $m = 200$ кг почне рухатися прискорено.

Рівняння прискореного руху під дією поздовжньої складової ваги:

$$T - W - P_i = 0,$$

звідки $P_i = T - W = m \cdot g \cdot \sin \beta - m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta = 200 \cdot 9,81 \cdot 0,208 - 200 \cdot 9,81 \cdot 0,15 \cdot 0,98 = 120$ Н,

прискорення $a = \frac{P_i}{m} = \frac{120}{200} = 0,6$ м/с².

4.7. Визначити відстань, на яку переміститься вантаж вниз по похилій площині ($\beta = 10^\circ$) після припинення дії зовнішньої сили, якщо швидкість його руху становила $v = 2$ м/с, коефіцієнт опору руху $w = 0,14$.

4.7.

Оскільки $\text{tg}10^\circ \geq 0,14$, вантаж буде прискорено рухатися вниз і сам не зупиниться.

4.8. Вантаж (вагонетка) масою $m = 3000$ кг виходить самокатом на горизонтальну ділянку колії зі швидкістю $v_n = 4$ м/с, гасителем на довжині 5 м вона зменшується до $v_k = 1$ м/с. З якою силою потрібно притиснути кожну із двох лиж гасителя до коліс, якщо коефіцієнт тертя ковзання колеса на лижі $f = 0,1$, коефіцієнт опору руху вагонетки $w = 0,01$?

4.8.

Використовуючи закон кінетичної енергії (закон живих сил), маємо:

$$\frac{m \cdot v_n^2}{2} - \frac{m \cdot v_k^2}{2} = (W_B + W_T) \cdot l,$$

де $v_n = 4$ м/с і $v_k = 1$ м/с – швидкості на початку й наприкінці гальмування; $W_B = m \cdot g \cdot w$ і $W_T = K \cdot f$ – сили опору вагонетки й гасителя; K – сила натискання лиж гасителя; $l = 5$ м – шлях гальмування.

$$\text{Втрата кінетичної енергії } \Delta E_k = \frac{3000 \cdot 4^2}{2} - \frac{3000 \cdot 1^2}{2} = 22500 \text{ Дж (Н} \cdot \text{м)}.$$

Витрата кінетичної енергії на подолання опору руху вагонетки:

$$\dot{A}_A = W_B \cdot l = m \cdot g \cdot w \cdot l = 3000 \cdot 9,81 \cdot 0,01 \cdot 5 = 1500 \text{ Дж}.$$

Витрата кінетичної енергії на гасителі: $\dot{A}_A = W_O \cdot l = \Delta \dot{A}_e - \dot{A}_A = 22500 - 1500 = 21000 \text{ Дж}$,

звідки $W_O = \frac{\dot{A}_A}{l} = \frac{21000}{5} = 4200 \text{ Н}.$

Сила притиснення кожної із двох лиж гасителя: $K = \frac{4200}{0,1 \cdot 2} = 21000 \text{ Н}.$

Оскільки $\Delta E_k = P_i \cdot l$, де $P_i = m \cdot a$ – сила інерції, знаходимо величину вповільнення:

$$a = \frac{\Delta E_e}{m \cdot l} = \frac{22500}{3000 \cdot 5} = 1,5 \text{ м/с}^2.$$

Час гальмування: $t_a = \frac{v_n - v_e}{a} = \frac{3}{1,5} = 2 \text{ с}.$

4.9. Визначити силу гальмування (в канаті), необхідну для зупинки вантажу, що рухається вниз по похилій площині, через $t_c = 10$ с після її прикладення, якщо швидкість руху вантажу становила $v_n = 3$ м/с, $m = 200$ кг, коефіцієнт опору руху $w = 0,1$, кут нахилу площини $\beta = 15^\circ$.

4.9.

Рівняння руху вантажу вниз при постійній швидкості: $T - W - F_k = 0$, звідки натяг каната $F_k = T - W$; де поздовжня складова ваги $T = m \cdot g \cdot \sin \beta = 200 \cdot 9,81 \cdot 0,26 = 510 \text{ Н}$; сила опору руху: $W = m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta = 200 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 0,966 = 190 \text{ Н}$; сила інерції при вповільненні:

$P_i = m \cdot a = 200 \cdot 0,3 = 60 \text{ Н}$, де $a = \frac{v_i}{t_a} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ м/с}^2$ – уповільнення.

Натяг каната перед початком гальмування ($P_i = 0$): $F = T - W = 510 - 190 = 320 \text{ Н}$; натяг каната при гальмуванні: $F = T + P_i - W = 320 + 60 = 380 \text{ Н}$, тому що різниця в натягу каната дорівнює силі інерції P_i , тобто 60 Н.

4.10. Визначити силу тяги $F_T = F_H - F_K$ для переміщення по горизонталі відрізка гнучкого тягового органа, довжиною $l = 100$ м з лінійною масою $q = 30$ кг/м і натяг на відстані $x = 20$ м від переднього перерізу, якщо натяг у його кінці дорівнює $F_K = 1000$ Н, а коефіцієнт опору руху $w = 0,4$.

4.10.

Сила тяги $F_D = q \cdot l \cdot g \cdot w = 30 \cdot 100 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 11772$ Н; $F_T = F_H - F_K$, а натяг на початку $F_H = F_T + F_K = 11772 + 1000 = 12772$ Н.

Сила тяги на переміщення ділянки довжиною 20 м: $F_T = \frac{11772}{100} \cdot 20 = 2354$ Н.

Натяг у шуканому перерізі: $F_x = F_H - F_T' = 12772 - 2354 = 10418$ Н.

4.11. Визначити силу тяги для переміщення відрізка гнучкого тягового органа по похилій площині нагору, а потім униз із постійною швидкістю, якщо лінійна маса корисного й мертвого вантажів відповідно становить $q_1 = 100$ і $q_2 = 50$ кг/м, довжина відрізка 2 м, коефіцієнт опору руху корисного вантажу $w_1 = 0,1$, мертвого $w_2 = 0,15$, кут нахилу площини $\beta = 10^\circ$.

4.11.

Сила тяги для переміщення вниз:

$$F_1 = q_1 \cdot l \cdot g \cdot w_1 \cdot \cos \beta + q_2 \cdot l \cdot g \cdot w_2 \cdot \cos \beta - (q_1 + q_2) \cdot l \cdot g \cdot \sin \beta;$$

$$F_1 = 100 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \cdot 0,98 + 50 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,15 \cdot 0,98 - 150 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,17192,28 + 144,21 - 500,3 = -163,8 \text{ Н.}$$

Тут знак мінус указує на те, що сила F не є силою тяги вниз, а силою гальмування при русі вниз із постійною швидкістю.

Сила тяги для переміщення нагору:

$$F_2 = (q_1 + q_2) \cdot l \cdot g \cdot \sin \beta + l \cdot g \cdot \cos \beta \cdot (q_1 \cdot w_1 + q_2 \cdot w_2);$$

$$F_2 = 503,3 + 144,21 + 192,28 = 840 \text{ Н.}$$

4.12. Визначити силу тяги для переміщення гнучкого тягового органа на нерухомому поворотному пункті (барабані), якщо коефіцієнт опору руху на поверхні барабана $w = 0,3$, кут обхвату $\alpha = 180^\circ$, а натяг у точці 2 – $F_2 = 1500$ Н. Як зміниться натяг у точці 1 у випадку, якщо барабан почне обертатися й для його обертання додасться 5% величини F_2 ?

4.12.

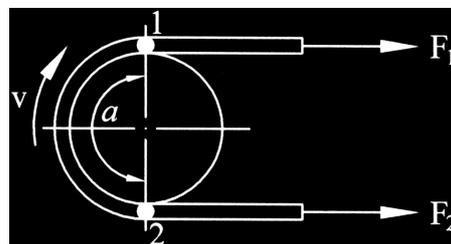


Рис. 4.1 до задачі 4.12

Із закону Ейлера про тертя гнучких тіл на нерухомому барабані:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\omega \alpha}, \text{ звідки } F_1 = F_2 \cdot e^{\omega \alpha} = 1500 \cdot 2,56 = 3840 \text{ Н.}$$

Сила тяги тут: $F_T' = F_1 - F_2 = 3840 - 1500 = 2340$ Н.

На обертовому барабані: $F_1 = 1,05 \cdot F_2 = 1,05 \cdot 1500 = 1575 \text{ Н}$, а сила тяги тут:

$F_T'' = 75 \text{ Н}$, тобто вона зменшиться на $2340 - 75 = 2265 \text{ Н}$, і натяг у точці 2 теж на $3840 - 1575 = 2265 \text{ Н}$.

4.13. Визначити силу тяги для переміщення відрізка гнучкого тягового органа по нерухомій криволінійній напрямній, а також величину й напрямок сил в опорах А, Б і О, якщо кут повороту становить $\alpha = 90^\circ$, коефіцієнт опору переміщенню по криволінійній напрямній $w = 0,2$, натяг тягового органа до поворотного пункту $F_1 = 850 \text{ Н}$.

4.13.

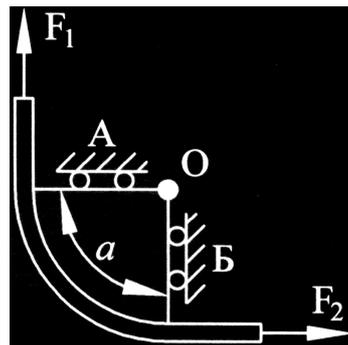


Рис. 4.2. до задачі 4.13

На підставі рис. 4.2 і закону Ейлера про тертя гнучких тіл маємо:

$$\frac{F_2}{F_1} = e^{w\alpha}; F_2 = F_1 \cdot e^{w\alpha} = 850 \cdot e^{0,2 \cdot \frac{\pi}{2}} = 1153 \text{ Н}.$$

Реакція в опорі А = $F_1 = 850 \text{ Н}$, в опорі Б = $F_2 = 1153 \text{ Н}$, в опорі О – векторній сумі F_1 і F_2 .

4.14. Визначити силу тяги для переміщення (зліва направо) послідовного ланцюга із чотирьох елементів гнучкого тягового органа (рис. 4.3) і величину натягу в перерізах F_2, F_3, F_4 і F_5 , якщо сили тяги для переміщення кожного елемента становлять: $F_{2-1} = 200 \text{ Н}$; $F_{3-2} = 900 \text{ Н}$; $F_{4-3} = -1000 \text{ Н}$; $F_{5-4} = 750 \text{ Н}$, а натяг $F_1 = 600 \text{ Н}$. Як зміниться результат задачі, якщо змінити напрямок руху цього ж ланцюга, вважаючи, що всі ділянки, крім третьої, зберегли свої сили опору руху, третя ділянка тепер стала похилою (раніше – бремсберговою) і $F_{3-4} = 1000 \text{ Н}$, а $F_5 = 600 \text{ Н}$?

4.14.

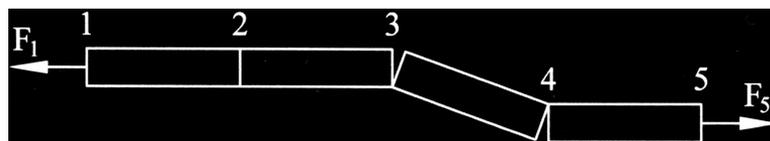


Рис. 4.3 до задачі 4.14

Натяги в перерізах:

$$\begin{aligned} F_2 &= F_1 + F_{2-1} = 600 + 200 = 800 \text{ Н}; \\ F_3 &= F_2 + F_{3-2} = 800 + 900 = 1700 \text{ Н}; \\ F_4 &= F_3 + F_{4-3} = 1700 - 1000 = 700 \text{ Н}; \\ F_5 &= F_4 + F_{5-4} = 700 + 750 = 1450 \text{ Н}; \end{aligned}$$

Тягове зусилля ланцюга елементів дорівнює:

сумі тягових зусиль елементів $F_T = F_{2-1} + F_{3-2} + F_{4-3} + F_{5-4} = 200 + 900 - 1000 + 750 = 850$ Н, або різниці натягів по кінцях ланцюга $F_T = F_5 - F_1 = 1450 - 600 = 850$ Н.

При зміні напрямку руху: $F_5 = 600$ Н, а $F_1 = 2850$ Н, сила тяги $F_T = 2250$ Н, тому що бремсбергові (рух вниз) третя ділянка стала похилою.

4.15. Визначити, у який бік буде рухатися послідовний ланцюг елементів гнучкого тягового органа й величину сили тяги ланцюга, якщо сили для переміщення кожного з п'яти елементів (рис. 4.4) рівні відповідно 2500 Н, 1800 Н, -3000 Н, 1000 Н, 4000 Н, натяг $F_1 = 1000$ Н.

4.15.

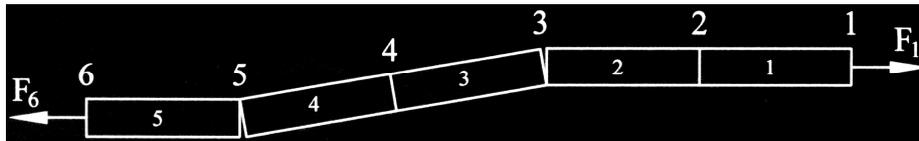


Рис. 4.4 до задачі 4.15

Натяг F_1 дорівнює 1000 Н, що менше сили тяги всього ланцюга незалежно від напрямку його руху, тому послідовний ланцюг елементів гнучкого тягового органа буде рухатися вліво. Сила тяги ланцюга $F_T = 2500 + 1800 - 3000 + 1000 + 4000 = 6300$ Н.

4.16. Сила тяги при переміщенні вагонетки масою 3 т по горизонтальній колії з постійною швидкістю дорівнює $F' = 300$ Н. Визначити силу тертя при переміщенні по горизонтальній колії й силу тяги на переміщення цієї вагонетки нагору по похилій площині (кут нахилу $\beta = 30^\circ$) із прискоренням $a = 0,04$ м/с². За рахунок коліс сила інерції збільшується на 10%. Накреслити (умовно) вагонетку на горизонтальній і похилій площинах і показати всі сили, що діють на вагонетку в обох випадках.

4.16.

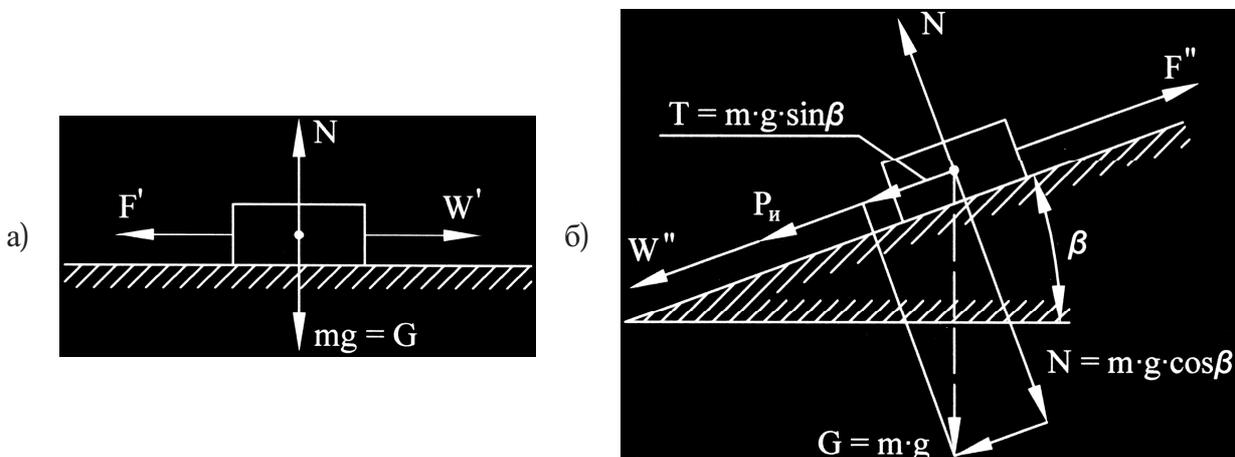


Рис. 4.5 до задачі 4.16

а) рівняння руху по горизонтальній площині з постійною швидкістю $F' - W' = 0$

$$F' = W' = 300 \text{ Н (рис. 4.5, а); } W' = m \cdot g \cdot w, \text{ звідки } w = \frac{300}{3000 \cdot 10} = 0,01;$$

б) рівняння руху по похилій площині $F'' - W'' - P_i - T = 0$, (рис. 4.5, б)

$$F'' = m \cdot g \cdot w \cdot \cos \beta + m \cdot 1,1 \cdot \dot{a} + m \cdot g \cdot \sin \beta = 3000 \cdot (10 \cdot 0,01 \cdot 0,87 + 1,1 \cdot 0,04 + 10 \cdot 0,5) = 15393 \text{ Н.}$$

4.17. Визначити довжину l відрізка розподіленого вантажу, що рухається нагору по прямолінійній похилій ділянці шляху з постійною швидкістю ($a = 0$), якщо $q = 100$ кг/м, $\beta = 15^\circ$, $w = 0,1$, сила тяги $F = 20000$ Н.

4.17.

Рівняння руху $F = \dot{O} + W = q \cdot l \cdot g \cdot (\sin \beta + w \cdot \cos \beta)$,

$$\text{звідки } l = \frac{20000}{100 \cdot 9,81 \cdot (0,26 + 0,1 \cdot 0,97)} = \frac{20000}{353} = 57 \text{ м.}$$

4.18. На скільки % зміниться натяг стрічки в точці збігання з веденого барабана (кут обхвату $\alpha = 180^\circ$, $f = 0,3$, $F_{H-\delta} = 20000$ Н), якщо: а) барабан обертається з опором $W_\delta = 200$ Н; б) барабан не обертається? Стрічка рухається з постійною швидкістю (див. рис. 4.1).

4.18.

а) натяг у точці збігання (барабан обертається): $F'_{c-\delta} = 20000 + 200 = 20200$ Н;

б) натяг у точці збігання (барабан не обертається):

$$F''_{c-\delta} = F_{H-\delta} \cdot e^{f \cdot \alpha} = 20000 \cdot 2,56 = 51,200 \text{ Н.}$$

У випадку зупинки барабана (варіант б) втрата (сила тяги на поворотному пункті) на ньому буде дорівнювати: $51200 - 20000 = 31200$ Н, тобто в 150 разів більше, ніж у першому випадку (варіант а).

5. Тягове зусилля привідного блоку. Реалізація сили тяги.

Тягове зусилля

Привідний блок стаціонарного засобу транспорту із гнучким тяговим органом (конвеєри, елеватори, лебідки та ін.) – схематично зображується у вигляді окружності, з'єднаної із двигуном (рис. 5.1), і гнучкого тягового органа, що її обгинає; розрізняють набіжну та збіжну гілки. Натяг гілок звичайно позначають $F_{нб}$ і $F_{зб}$. Індексом замість літер можуть бути цифри, але розуміння – набіжна та збіжна гілки – залишається.

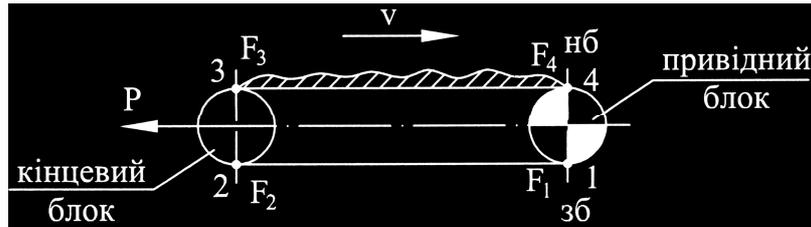


Рис. 5.1

Тягове зусилля такого блоку дорівнює різниці натягів $F_{тяг} = F_0 = F_{нб-зб} = F_{нб} - F_{зб}$. Якщо $F_0 > 0$ (о – індекс, перша буква слова “окружність”) – режим тяговий, якщо $F_0 < 0$ – гальмівний або генераторний. Крім того, завжди $F_0 = \sum_i^n F_i$ – сума сил тяги на переміщення всіх ділянок ланцюга елементів, що рухаються цим блоком.

5.1. Визначити тягове зусилля привідного блоку конвеєра (рис. 5.1), якщо сила тяги для переміщення навантаженої гілки $F_{3-4} = 10$ кН, а порожньої гілки $F_{1-2} = -2$ кН, натяг $F_1 = 4$ кН.

5.1.

Натяги: $F_2 = 4 - 2 = 2$ кН; $F_3 \cong 2$ кН; $F_4 = 2 + 10 = 12$ кН.

Сила тяги дорівнює: сумі сил тяги ділянок $F_{1-4} = F_{1-2} + F_{3-4} = 10 - 2 = 8$ кН, або різниці натягів $F_{1-4} = F_4 - F_1 = 12 - 4 = 8$ кН.

5.2. Визначити крутний момент сили тяги й побудувати графік зміни її на початку й наприкінці підйому скіпа масою $m_c = 10$ т, створюваний на барабані $D_b = 3$ м однобарабанної лебідки, якщо кут нахилу шляху $\beta = 30^\circ$, лінійна маса каната $\rho_k = 6$ кг/м, довжина відкатки $L = 1200$ м, коефіцієнти опору руху скіпа й каната відповідно $w_c = 0,01$, $w_k = 0,5$.

5.2.

Сила тяги на початку підйому (окружне зусилля) (рис. 5.2):

$F'_T = F'_{TC} + F'_{TK}$, де F'_{TC} й F'_{TK} – сили тяги підйому скіпа й каната відповідно.

$F'_{TC} = m_c \cdot g \cdot (\omega_c \cdot \cos \beta + \sin \beta) = 1000 \cdot 9,81 \cdot (0,01 \cdot 0,87 + 0,5) = 49903$ Н;

$F'_{TK} = L \cdot \rho_k \cdot g \cdot (\omega_k \cdot \cos \beta + \sin \beta) = 1200 \cdot 6 \cdot 9,81 (0,5 \cdot 0,87 + 0,5) = 66041$ Н;

$F'_T = 49903 + 66041 = 115944$ Н.

Тяговий момент на валу на початку підйому: $M' = F'_T \cdot R_0 = 115944 \cdot 1,5 = 173916 \text{ Нм}$.

Сила тяги наприкінці підйому (окружне зусилля): $F''_T = F''_{TC} + F'_{TK} = 49903 \text{ Н}$, тому що $F'_{TK} = 0$.

Тяговий момент на валу наприкінці підйому: $M'' = F''_T \cdot R_0 = 49903 \cdot 1,5 = 7485 \text{ Нм}$.

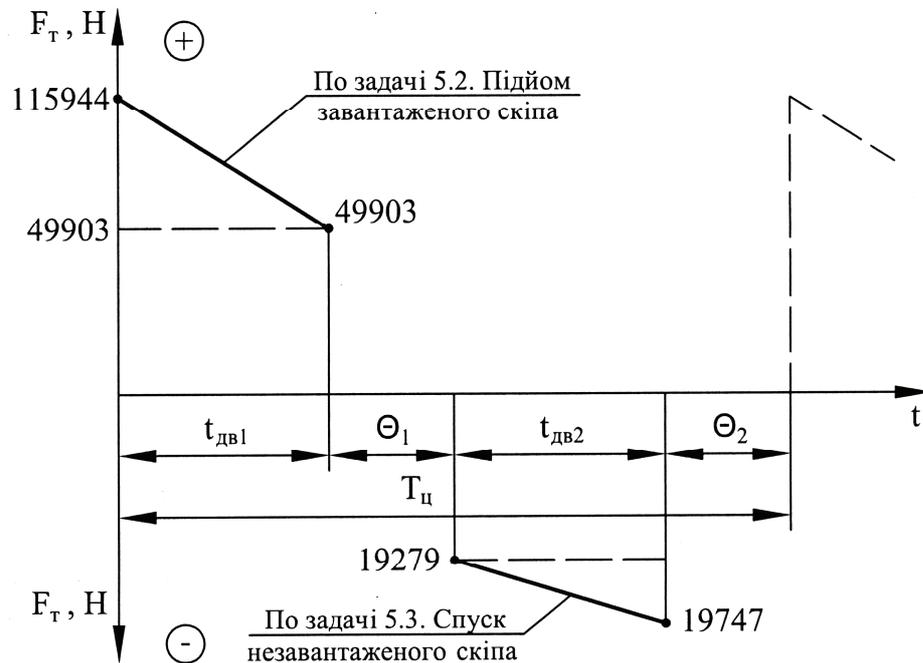


Рис. 5.2 до задачі 5.2 і 5.3

5.3. Вирішити задачу 5.2 для випадку початку й кінця спуска порожнього скіпа масою $m_c = 4 \text{ т}$.

5.3.

Сила гальмування: на початку спуска (негативне тягове зусилля прикладене до обода барабана в гальмівному режимі):

$$F'_{ADC} = m_c \cdot g \cdot (\sin \beta - w_c \cdot \cos \beta) = 4000 \cdot 9,81 \cdot (0,5 - 0,01 \cdot 0,87) = 19279 \text{ Н}.$$

Сила гальмування наприкінці спуска:

$$F''_{ADC} = F'_{ADC} + F''_{ADE} = F'_{ADN} + L \cdot \rho_e \cdot g \cdot (\sin \beta - w_e \cdot \cos \beta) = 19279 + 6 \cdot 1200 \cdot 9,81 \cdot (0,5 - 0,5 \cdot 0,87) = 19747 \text{ Н}.$$

Гальмівний момент наприкінці спуска: $\dot{I}''_{\text{од}} = F''_{ADC} \cdot R_a = 19747 \cdot 1,5 = 29620 \text{ І} \cdot \text{с}$.

5.4. Визначити крутний момент $M_{KP} = M_0$ на барабані двобарабанної лебідки при відкатці двома кінцевими канатами на уклоні, якщо вантаж піднімається, а порожній скіп опускається за умовами й результатами задач 5.2 і 5.3. Момент на валу визначити для трьох положень: початок підйому вантажу й спуска порожняка, кінець і момент зустрічі скіпів. Побудувати графіки зміни окружних зусиль на барабанах для задач 5.2, 5.3 і 5.4.

5.4.

Момент на валу двобарабанної лебідки для:

– початку підйому вантажу й спуска порожняка: $M'_0 = 96665 \cdot 1,5 = 144997 \text{ Нм}$;

– зустрічі скіпів: $M''_0 = 63411 \cdot 1,5 = 95116 \text{ Нм}$;

– кінця підйому вантажу й спуска порожняка: $M_0'' = 30156 \cdot 1,5 = 45234 \text{ Нм}$.

З діаграм видно, що двобарабанна лебідка на уклоні в заданих умовах буде весь час працювати в тяговому режимі, а однобарабанна (задачі 5.2 і 5.3) – поперемінно, у тяговому й гальмівному.

На рис. 5.3 показаний графік зміни сили на окружності барабана.



Рис. 5.3 до задачі 5.4

5.5. Вирішити задачі 5.2, 5.3 і 5.4 для умов, коли установленням шляхових роликів (під канат) коефіцієнт опору каната зменшити до $w_k = 0,14$. Для наочності й спрощення розрахунків побудувати графіки, аналогічні рисункам до зазначених задач.

5.6. Визначити максимальне значення тягового зусилля привідного блоку стрічкового конвеєра, якщо сили тяги на переміщення гілок незавантаженого конвеєра (холостий хід) рівні: $F_{xx.em} = F_{xx.nop} = 8000 \text{ Н}$, а при максимальній продуктивності сила тяги навантаженої гілки збільшується в 3 рази.

5.6.

Під час роботи завантаженого конвеєра сила тяги навантаженої гілки $F_{em} = 3 \cdot 8000 = 24000 \text{ Н}$, а тягове зусилля на приводі $F_o = 24000 + 8000 = 32000 \text{ Н}$.

5.7. Тягове зусилля привідного блоку скребкового конвеєра дорівнює $F_o = 10000 \text{ Н}$, а натяг у ланцюзі в місці збігання його із привідної зірочки $F_{зб} = 2000 \text{ Н}$. Визначити зусилля на кінцевій зірочці, а також величину натягу в місці її набігання на привідну зірочку та сили тяги кожної гілки, якщо при роботі під навантаженням вони відносяться як 1:4.

5.7.

Зі співвідношення сил тяги гілок маємо: $F_{em} = 8000 \text{ Н}$, $F_{nop} = 2000 \text{ Н}$. Натяг ланцюга в місці набігання на привід становить 12000 Н. Зусилля на кінцевій зірочці $P = 4000 \cdot 2 = 8000 \text{ Н}$.

5.8. Яке тягове зусилля необхідно реалізувати привідному блоку локомотива для руху поїзда по горизонтальній ділянці шляху, з постійною швидкістю, якщо маса локомотива становить 10 т, а вага причепленого до нього состава – 800 кН? Коефіцієнт опору руху поїзда $w = 0,01$.

Реалізація сили тяги

Нижче наведені задачі, пов'язані з реалізацією тягового зусилля (сили тяги), тобто з механізмом виникнення зовнішньої стосовно вантажу сили й можливостями того або іншого способу її реалізації.

У стаціонарних засобах транспорту (конвеєри, лебідки) виконавчим елементом сили тяги є гнучкий тяговий орган – стрічка, канат, ланцюг. Найчастіше ланцюги, стрічки й рідше канати замкнуті й утворюють нескінченний елемент. У цьому випадку сила тяги утворюється тертям ковзання об привідні барабани, шківів, блоки або зачепленням на зірочках. У засобах, де гнучкий тяговий орган розімкнутий, (канат, ланцюг) сила тяги реалізується шляхом навивки на барабан. І, нарешті, самохідні (нестационарні) засоби транспорту – колісні та гусеничні, реалізують силу тяги за рахунок зчеплення з дорогою (сили тертя ковзання).

Граничні значення тягового зусилля, реалізованого привідним блоком, обмежуються міцністю й потужністю машини, а у випадках реалізації тертям – ще додатковими обмеженнями, продиктованими граничними силами тертя. Аналогічно, самохідні засоби транспорту (локомотиви, автомобілі, гусеничні засоби), крім міцнісних обмежень мають також обмеження по зчепленню з дорогою.

Тут подані завдання, пов'язані з реалізацією тягового зусилля навивкою на барабан, зачепленням і тертям (барабани стрічкових конвеєрів, шківів тертя для відкати нескінченним канатом, локомотиви й самохідні засоби транспорту).

Основою для рішення завдань тертя гнучких тіл є відомий закон тертя ковзання ідеальної нитки (абсолютно гнучка, невагома, нерозтяжна) по нерухомому барабані – закон Ейлера. Суть закону: при ковзанні розтягнутої (прикладені сили по кінцях) ідеальної нитки по нерухомому барабані частка від ділення більшого натягу F_6 на менше F_m є величина постійна й дорівнює:

$$\frac{F_6}{F_m} = e^{f \cdot \alpha},$$

де f – коефіцієнт тертя нитки об барабан; α – кут обхвату барабана ниткою, рад.

Реальна стрічка, канат розтяжні, тому при передачі (реалізації) тягового зусилля на барабані з'являються дві зони: зона ковзання (кут ковзання – активна дуга обхвату α_a), що завжди розташована з боку збігання тягового органа з барабана й збільшується від нуля до α – геометричного кута обхвату, у міру збільшення реалізованої сили; зона спокою (пасивна дуга обхвату, – дуга спокою α_n) розташована завжди з боку набігання, що зменшується від α до нуля у міру збільшення реалізованої тягової сили й кута α_a . Сила тяги реалізується на дузі α_a .

Завжди, $\alpha = \alpha_n + \alpha_a$; при $\alpha = \alpha_a$ настає зрив зчеплення і відбувається ковзання на всій дузі α .

Наявність дуги пружного ковзання α_a дозволяє застосовувати формулу Ейлера для будь-якого моменту реалізації тягового зусилля. Тоді, наприклад для тягового режиму, рівняння Ейлера буде мати вигляд:

$$\frac{F_{нб}}{F_{сб}} = e^{f \cdot \alpha_a}, \text{ а для гальмівного } \frac{F_{зб}}{F_{нб}} = e^{f \cdot \alpha_a}.$$

У випадку реалізації тягового зусилля самохідною транспортною машиною граничні значення сили тяги також обмежуються або потужністю двигуна, або, ковзанням колеса об дорогу – зчепленням.

Гранична сила тяги (гальмування) локомотива на окружності (ободі) привідних (гальмівних) коліс за зчепленням дорівнює: $P_{зч.макс} = P \cdot \psi$, де P – вага машини, що приходить на привідні (гальмівні) осі, ψ – коефіцієнт зчеплення коліс із дорогою, а за моментом – $P_{м.макс} = \frac{M_{макс}}{R}$, де $M_{макс}$ – максимальний крутний момент двигуна, R – радіус колеса.

5.9. Тягове зусилля на ободі барабана однієї із двох однобарабаних лебідок однокінцевої відкатки (рис. 5.4) по горизонтальних виробках дорівнює 5 кН. Визначити силу опору (силу тяги) для переміщення состава з постійною швидкістю, а так само натяг каната в точці набігання його на барабан, якщо натяг хвостового каната в місці його кріплення до поставу F_k дорівнює 500 Н.

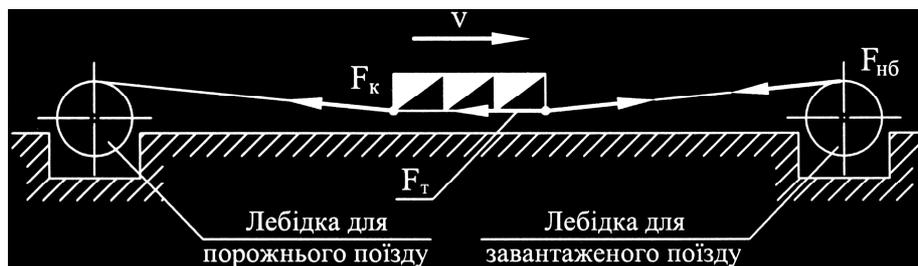


Рис. 5.4. Схема однокінцевої канатної відкатки із двома лебідками (до задачі 5.9)

5.9.

Визначається:

$F_o = F_o + F_e = F_{iá} - F_{сá}$; тому що $F_{зб} = 0$, $F_{iá} = F_o = F_o + F_e = 5000$ Н, звідки на переміщення состава необхідна сила:

$$F_o = F_o - F_e; F_c = 5 \text{ кН} - 0,5 \text{ кН} = 4,5 \text{ кН}.$$

Натяг у точці K створюється гальмом лівої лебідки (щоб витки каната на лебідці не розкручувалися самостійно) і опором руху каната.

5.10. Визначити зміну (за цикл) тягового зусилля на окружності барабана двобарабанної лебідки (рис. 5.5) двокінцевої відкатки по уклоні, а також натяг каната в точках набігання й збігання з приводу, якщо $\beta = 30^\circ$; $w_e = 0,5$; $w_n = 0,01$; $\rho = 5$ кг/м; $z = 3$; $m_{op} = 3000$ кг; $m_{марш} = 1000$ кг; $L = 800$ м; $v = 4$ м/с; $k_o = 0,95$; $\Theta = 100$ с. Побудувати графіки $F_{нб}$, $F_{зб}$ і F_o .

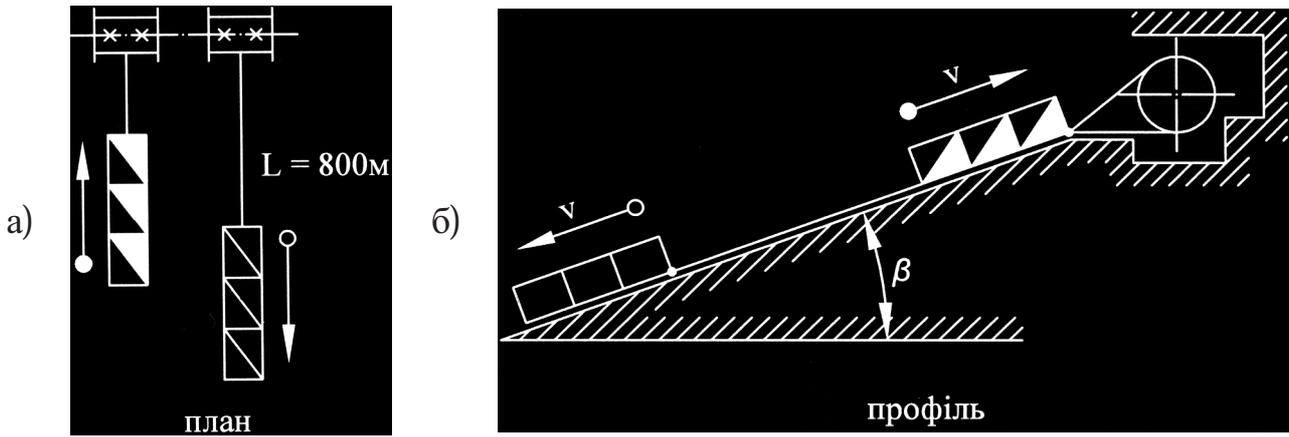


Рис. 5.5. Схема двокінцевої канатної відкатки по похилій виробці (до задачі 5.10)

5.10.

Сила тяги на ободі першого барабана на початку переміщення каната й вантажу нагору

$$F_{нб.поч} = (z \cdot m_{оп} \cdot w_c + \rho \cdot L \cdot w_k) \cdot g \cdot \cos \beta + (z \cdot m_{оп} + \rho \cdot L) \cdot g \cdot \sin \beta =$$

$$= (3 \cdot 3000 \cdot 0,01 + 5 \cdot 800 \cdot 0,5) \cdot 9,81 \cdot 0,87 + (3 \cdot 3000 + 5 \cdot 800) \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 81515 \text{ Ї} .$$

Та ж сила наприкінці підйому вантажу (весь канат намотаний)

$$F_{іа.ея} = z \cdot m_{ад} \cdot g \cdot (w_c \cdot \cos \beta + \sin \beta) = 3 \cdot 3000 \cdot 9,81 \cdot (0,01 \cdot 0,87 + 0,5) = 44913 \text{ Ї} .$$

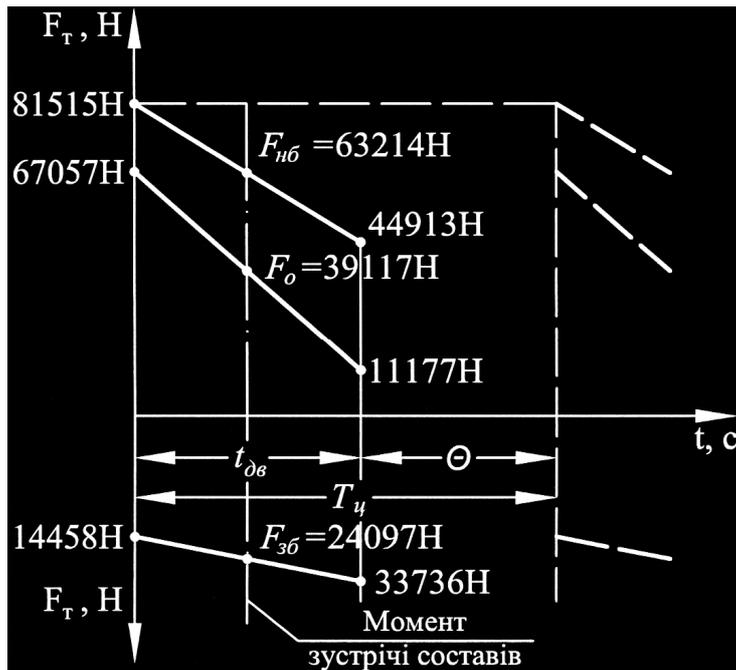


Рис. 5.6 до задачі 5.10

Сила гальмування на ободі другого барабана на початку спуску порожняка

$$F_{са.іі+} = z \cdot m_{адде} \cdot g \cdot (\sin \beta - w_c \cdot \cos \beta) = 3 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (0,5 - 0,01 \cdot 0,87) = 14458 \text{ Ї} .$$

Та ж сила наприкінці спуску порожняка

$$F_{са.ея} = F_{са.іі+} + \rho \cdot L \cdot g \cdot (\sin \beta - w_c \cdot \cos \beta) = 14458 + 5 \cdot 800 \cdot 9,81 \cdot (0,5 - 0,01 \cdot 0,87) = 33736 \text{ Ї} .$$

$$\text{Час руху состава } t = \frac{L}{v \cdot k_o} = \frac{800}{4 \cdot 0,95} = 211 \text{ н} .$$

$$\text{Час циклу } T_y = t + \Theta = 211 + 200 = 410 \text{ с} .$$

Будується графік зміни натягів набіжного $F_{нб}$ і збіжного $F_{зб}$ канатів і графік окружного зусилля лебідки $F_o = F_{нб} - F_{зб}$ (рис. 5.6).

5.11. Здійснюється відкатка нескінченним канатом по горизонтальних рейкових коліях (рис. 5.7). Довжина відкатки – 2 км, на кожній гілці (навантаженій і порожній) переміщається одночасно 20 вагонеток ($m = 2000$ кг; $m_{тари} = 1200$ кг), $w_k = 0,2$; $w_{ваз} = 0,01$; лінійна маса обертових стаціонарних шківів дорівнює 3,5 кг; коефіцієнт їхнього опору руху та каната $w_{шк} = w_k$, а лінійна маса каната – 4 кг/м. Натяжна станція вантажна, розташована в протилежному приводу кінці відкатки; маса вантажу натяжної станції $G_{вт} = 5000$ кг.

Визначити тягове зусилля приводного блоку й натягу каната в точках набігання й збігання на приводний і хвостовий шківви.

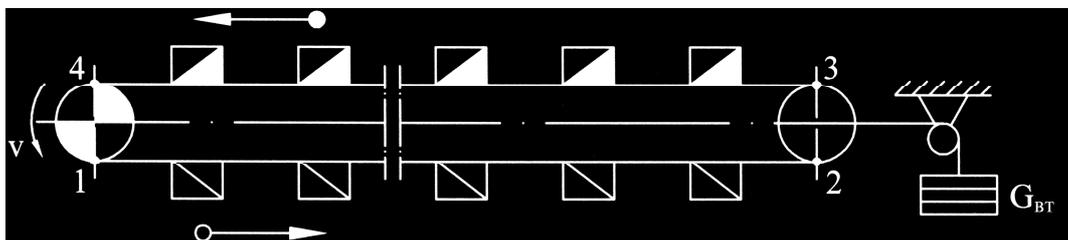


Рис. 5.7 Схема відкатки нескінченним канатом (до задачі 5.11)

5.12. За умовами задачі 4.3 визначити мінімальна вагу вантажу $G_{вт}$ і кут обхвату шківви приводу для того, щоб реалізувати без пробуксовки розрахункове значення тягового зусилля, якщо коефіцієнт тертя каната по шківві приймає значення (за варіантом I – $f = 0,1$; II – $f = 0,15$; III – $f = 0,2$). Як зміниться вага вантажу, якщо за інших рівних умов розмістити його біля приводу на збіжній (точка 1) гілці? Вважати, що міцність каната достатня для будь-якого варіанта.

5.13. Задачу 5.11 вирішити для випадків транспортування вантажу: а) по ухилі при $\beta = 6^\circ$ й $L = 1000$ м; б) по бремсбергу за тих самих умов. Проаналізувати результати розрахунків реалізації тягових зусиль для розташування приводу внизу й угорі.

5.14. На однобарабанному приводі стрічкового конвеєра реалізується тягове зусилля 20000 Н. Які повинні бути мінімальні натяги стрічки в точках набігання ($F_{нб}$) і збігання ($F_{зб}$) для роботи без пробуксовки, якщо $f = 0,4$, а $\alpha = 240^\circ$? Як зміняться ці натяги, якщо $f = 0,2; 0,3; 0,6$, а $\alpha = 180^\circ$?

5.15. На однобарабанному приводі стрічкового конвеєра $\alpha = 240^\circ$, $f = 0,3$ реалізується тягове зусилля $F_o = 15000$ Н з повним використанням дуги пружного ковзання. Які стануть натяги стрічки в точках набігання й збігання, якщо для передачі того ж тягового зусилля дуга пружного ковзання буде на

10% менше геометричної? Побудувати графіки (у прямокутній системі координат) залежності $F_o(\alpha)$ для першого й другого випадків.

5.16. Дуга пружного ковзання завжди розташована з боку збігання стрічки із приводу. На якій гілці бремсбергового конвеєра, що працює в гальмівному режимі, стрічка буде мати більшу швидкість (маса стрічки, що проходить через будь-який переріз по контурі, однакова)? У який бік у порівнянні з напрямком руху стрічки до неї прикладене тягове зусилля?

5.17. Тягове зусилля на стрічковому конвеєрі реалізується двобарабанным приводом із жорстким кінематичним зв'язком між барабанами. Кут обхвату на кожному барабані – 180° , коефіцієнт тертя (зчеплення) на обох барабанах однаковий і дорівнює $f = 0,3$. Визначити: величину реалізованого тягового зусилля в момент початку пробуксовки (зрив зчеплення) на обох барабанах, коли $F_{зб} = 15000\text{Н}$, а також розподіл його по барабанах; величину тягового зусилля приводу і його розподіл між барабанами, коли дуга пружного ковзання на приводі дорівнює 180° .

5.18. Яке співвідношення повинні мати коефіцієнти тертя стрічки на барабанах за умовою задачі **5.17**, щоб тягове зусилля приводу між барабанами розподілялося: а) нарівно; б) перший – в 2 рази більше другого; в) другий – в 2 рази більше першого.

5.19. Тягове зусилля на стрічковому конвеєрі реалізується двобарабанным приводом з індивідуальним приводом кожного барабана. Кут обхвату на кожному барабані – 240° , коефіцієнт тертя (зчеплення) $f = 0,4$. Визначити величину реалізованого тягового зусилля в момент зриву зчеплення на обох барабанах, коли $F_{зб} = 10000\text{Н}$, а також розподіл його між барабанами. Вважати, що однакові двигуни на обох барабанах досить потужні й мають однакове ковзання при однакових навантаженнях.

5.20. Визначити тягове зусилля на приводі горизонтального стрічкового конвеєра та мінімальний натяг стрічки в точці збігання для відсутності пробуксовки, якщо $F_{зм} = 15000\text{Н}$, $F_{нор} = 1/4 \cdot F_{зм}$, $\alpha = 240^\circ$, $f = 0,4$.

5.21. Яка мінімальна вага вантажу вантажної натяжної станції горизонтального стрічкового конвеєра, розміщеної на збіжній гілці, біля приводу, необхідна для забезпечення роботи його без пробуксовки, якщо $F_{нор} = 10000\text{Н}$, $\alpha = 210^\circ$, $f = 0,3$, а $F_{зм} = 5 \cdot F_{нор}$?

5.22. Конвеєр за задачею 5.21 установлений на ухилі, привід угорі, коли $F_{\text{вт}} = 20000 \text{ Н}$, а $F_{\text{пор}} = -5000 \text{ Н}$. Визначити місце установлення вантажної натяжної станції, щоб вага вантажу була мінімальною для забезпечення реалізації тягового зусилля на приводі без пробуксовки.

5.23. Визначити максимальну силу тяги на ободі колеса двохосьового локомотива вагою 140 кН (обидві колісні пари привідні), якщо коефіцієнт зчеплення його з дорогою $\psi = 0,1$, $\psi = 0,18$, $\psi = 0,24$. Яка буде реалізована сила тяги на гаку (на зчіпці із причіпною частиною), якщо сила на переміщення самого локомотива (сила опору руху) дорівнює 2,8 кН?

5.24. За умовою задачі 5.23 визначити максимальну силу гальмування, а також максимальну силу притиснення гальмівних колодок до коліс без юза (без повної зупинки коліс), якщо коефіцієнт тертя колодок по колесах дорівнює $f = 0,2$.

5.25. Яку силу тяги можна реалізувати двобарабанным із жорстким кінематичним зв'язком приводом горизонтального стрічкового конвеєра, якщо сумарний кут обхвату стрічки на двох барабанах $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = 200^\circ + 200^\circ = 400^\circ$, коефіцієнт тертя стрічки об барабан $f = 0,3$, вантажна натяжна станція із вантажем вагою $G = 50000 \text{ Н}$ установлена в протилежному від привода кінці конвеєра, а сила опору холостої гілки дорівнює $F_{1-2} = 15000 \text{ Н}$? Як буде розподілятися тягове зусилля між барабанами в момент початку пробуксовки?

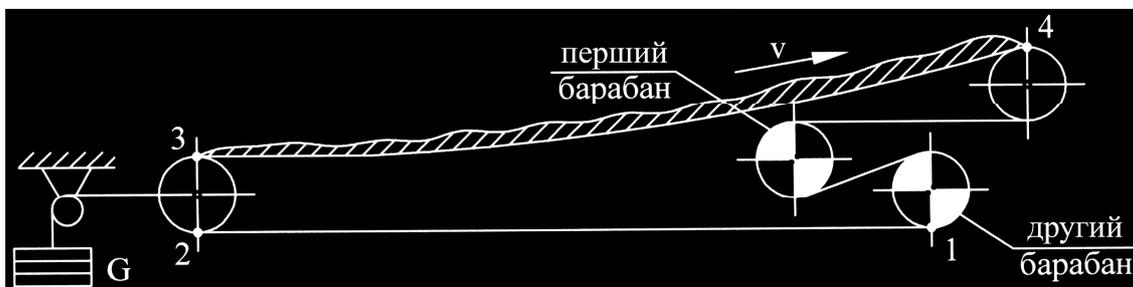


Рис. 5.8 до задачі 5.25

5.25.

Максимальна сила тяги реалізується в момент початку пробуксовки на обох барабанах.

У цей момент $\frac{F_{\text{нб}}}{F_{\text{зб}}} = e^{f \cdot (\alpha_1 + \alpha_2)} = 8,14$. Оскільки $F_{1-2} = 15000 \text{ Н}$, а $F_2 = \frac{G}{2} = \frac{50000}{2} = 25000 \text{ Н}$, то

$F_1 = F_{\text{зб}} = 25000 - 15000 = 10000 \text{ Н}$. Тоді $F_{\text{нб}} = F_{\text{зб}} \cdot 8,14 = 81400 \text{ Н}$.

Отже, $F_o = F_{\text{нб}} - F_{\text{зб}} = 81400 - 10000 = 71400 \text{ Н}$, а сила тяги навантаженої гілки дорівнює $F_{3-4} = 81400 - 25000 = 56400 \text{ Н}$.

Далі легко показати, що при однакових f і α на обох барабанах справедливе співвідношення $\frac{F_{o1}}{F_{o2}} = e^{f \cdot \alpha_1} = e^{f \cdot \alpha_2}$, тобто $F_{o2} \approx 18000 \text{ Н}$, а $F_{o1} \approx 63000 \text{ Н}$.

5.26. Визначити максимальну силу тяги, яку можна реалізувати двобарабаним тандем-приводом стрічкового конвеєра ($N_1 = N_2$), якщо сумарний кут обхвату $a = 420^\circ$, кут обхвату першого барабана $a_1 = 200^\circ$, коефіцієнт тертя стрічки об барабан $f = 0,3$. Натяжна станція розташована на холостій гілці біля приводу. Як розподілиться загальна сила тяги між приводами в момент початку пробуксовки стрічки на другому барабані при $N_1 = 2N_2$?

5.27. Порівняти за можливостями реалізації тягового зусилля (по тяговій здатності) два приводи: однобарабаний, $a = 210^\circ$, $f = 0,5$ і двобарабаний тандем-привод, $a_1 = 180^\circ$, $a_2 = 180^\circ$, $f = 0,2$, $N_1 = N_2$. Основним критерієм порівняння вважати натяг стрічки при передачі однакового тягового зусилля.

5.28. Состав із 20 двотонних порожніх вагонеток ($m_{\text{вагони}} = 1200$ кг) електровозом масою 8 т рухається від пристовбурного двору по штреку до лави зі швидкістю 3 м/с. Попереду має бути подолана ділянка шляху довжиною 800 м, що має ухил у бік пристовбурного двору $i_p = 10\%$. Стан рейкових колій такий, що коефіцієнт зчеплення їх з колесами електровоза $\psi = 0,07$. Визначити, чи зможе поїзд перебороти цю ділянку шляху зі швидкістю не менш 1 м/с, якщо коефіцієнт опору руху дорівнює $w = 0,015$.

5.29. Вважаючи, що коло кочення коліс локомотива має відмінність у розмірах (відхилення в розмірах радіусів коліс), надати картину реалізації сили тяги осей: при різних коефіцієнтах зчеплення коліс; при однакових коефіцієнтах зчеплення коліс.

5.30. У чотиривісного локомотива загальною масою 110 т розподіл маси між осями нерівномірний: перша вісь – 10 т, друга 20 т, третя й четверта – по 40 т, причому ведучими є три останні. Визначити максимальну силу тяги, реалізовану в момент початку пробуксовки однієї з осей локомотива при $\psi = 0,2$ для випадків: а) індивідуального приводу на кожній ведучій осі; б) групового приводу (із жорстким зв'язком) осей.

5.31. Двохосьовий локомотив масою 14 т має зчіпний пристрій на висоті від головки рейки, рівній діаметру ведучого колеса. Вважаючи граничною силу тяги локомотива на ободі колеса для моменту початку проковзування однієї з них, визначити, як зміниться сила тяги при розташуванні зчіпки на лінії осей при $\psi = 0,15$, жорсткій базі $S_0 = 1,2$ м і діаметрі колеса $d_k = 800$ мм.

6. Потужність двигуна

Потужністю називають роботу, виконану за одиницю часу. Ця одиниця (потужність) – один з основних параметрів двигунів. Слово потужність використовується й в інших випадках, але тоді воно має інші значення. Потужність електричних двигунів, як правило, вимірюють Ватами, кіловатами. Потужність пневматичних двигунів і двигунів внутрішнього згоряння (дизелі, карбюраторні та ін.) вимірюють, крім того, і “кінськими силами”. Потужність в 1 кінську силу дорівнює приблизно потужності 750 Ватів = 750 Нм/с, 750 кгм²/с³, а в 1 кВт (1000 Вт) – 1,36 кінської сили.

Однією з величин, що обмежують потужність електродвигунів, є їхнє нагрівання вище припустимої температури. За часом нагрівання двигуна до припустимої максимальної температури найчастіше розрізняють два режими – годинний і тривалий. Кожному з них відповідають граничні годинна й тривала потужності. У годинному режимі реалізується така потужність, при якій двигун нагрівається до припустимої температури за одну годину безперервної роботи, при подальшій роботі з таким навантаженням він перегріється й вийде з ладу. При тривалому режимі двигун реалізує таку максимальну потужність, при якій протягом тривалого часу (кілька годин) він нагріється не вище припустимої температури й далі нагріватися не буде. Незалежно від режиму охолодження двигуна може здійснюватися самовентиляцією або незалежно – окремим вентилятором.

Для кожної машини потужність електричного двигуна розраховується й вибирається по нагріванню, тобто по потребі реалізувати необхідне навантаження й не перегріватися. Оскільки різні машини вимагають реалізації різної змінюваної в часі потужності, а отже, і навантаження, при розрахунках і виборі двигуна користуються таким поняттям, як навантажувальний режим роботи. Для транспортних машин найчастіше користуються в розрахунках двома режимами: перший – із тривалим постійним або таким, що мало змінюється, навантаженням, наприклад, конвеєри, елеватори, гідротранспортні установки та ін., а другий – із тривалим змінним (циклічним) навантаженням, наприклад, кінцеві канатні відкатки (особливо по похилих виробках), електровози та ін.

Перший зазначений вище режим характеризується тим, що кількість виділюваного тепла пропорційна тривалому постійному навантаженню – силі тяги, що і є розрахунковою величиною для розрахунку потужності.

У цьому режимі (характерний для конвеєрів) тягове зусилля $F_{н-з} \cong const$.

Тут потужність розраховується за формулою:

$$N = \frac{F_{н-з} \cdot v_{ном} \cdot k_{реж}}{1000\eta}, \text{кВт} \quad (\text{тяговий режим}) \quad (1)$$

$$N = \frac{|F_{н-з}| \cdot v_{ном} \cdot k_{реж} \cdot \eta}{1000}, \text{кВт} \quad (\text{гальмівний режим}) \quad (2)$$

де $k_{реж}$ – коефіцієнт режиму 0,8-1,2.

Другий режим характерний тим, що навантаження постійно змінюється, тому у формулі розрахунку потужності для вибору двигуна використовують так звану еквівалентну або ефективну силу тяги, тобто таку постійну розрахункову силу тяги, що нагрівала б двигун так само, як його нагріває фактичний довгостроково змінний режим.

У цьому режимі обчислюється еквівалентна (ефективна) сила тяги за формулою (3), а потужність за формулою (4)

$$F_e = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot t_1 + F_2^2 \cdot t_2 + \dots + F_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + c_1 \cdot \Theta}}, \text{ Н}; \quad (3)$$

$$N = \frac{F_e \cdot v}{1000}, \text{ кВт}, \quad (4)$$

Тут F_e – еквівалентне тягове зусилля двигуна, Н; F_1, F_2, \dots, F_n – сили тяги, а t_1, t_2, \dots, t_n – час їх дії, с; v – швидкість на окружності виконавчого блоку, м/с; Θ – сумарна тривалість зупинок за цикл, с; $c_1 = 0,25 - 0,35$ – коефіцієнт, що враховує погіршення охолодження двигуна із самовентиляцією при зупинці (для двигуна з незалежною вентиляцією $c_1 = 1$).

6.1. Визначити номінальну потужність асинхронного двигуна для тривалого циклічного режиму роботи, якщо дано: навантажувальну діаграму; номінальну швидкість тягового органа – $v_{ном}$, м/с; коефіцієнт, що враховує умови охолодження двигуна – $c_1 = 0,25 \div 0,35$; інтервали часу t_1, t_2, t_3, Θ (див. рис. 6.1).

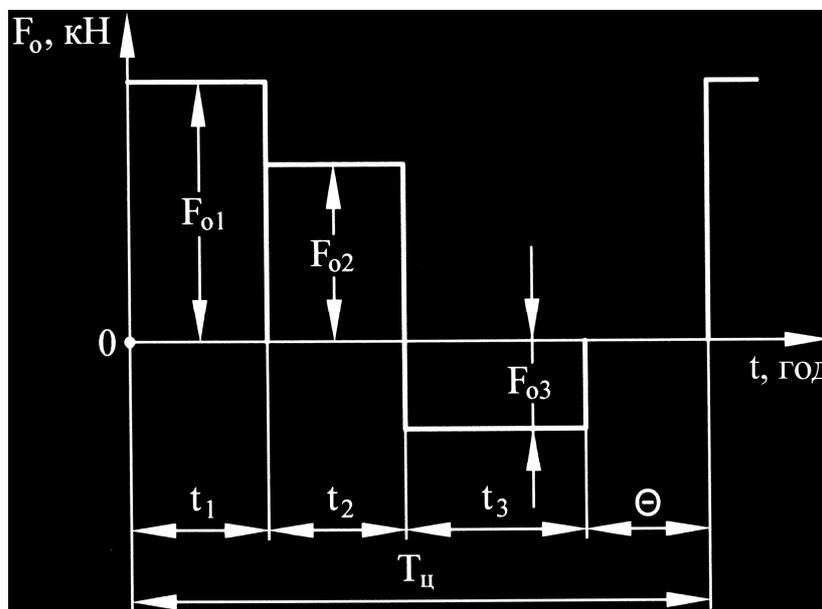


Рис. 6.1. Навантажувальна діаграма (до задачі 6.1)

6.1.

– Потужність двигуна: $N = \frac{F_e \cdot v}{1000}, \text{ кВт};$

– еквівалентна сила тяги: $F_e = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot t_1 + F_2^2 \cdot t_2 + \dots + F_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + c_1 \cdot \Theta}}, \text{ Н}.$

За розрахованою потужністю N вибирають найближчий двигун за каталогом. Потужність встановленого двигуна (обраного) $N_{ном}$ називають його номінальною (установленою) потужністю. Обраний двигун перевіряють на перевантажувальну здатність за формулою:

$$\lambda_{розр} = 1,25 \frac{F_{макс}}{F_{ном}}$$

Тут $\lambda_{розр}$ – розрахункове значення відношення максимального моменту до номінального (необхідна кратність моменту двигуна); 1,25 – коефіцієнт, що враховує зниження моменту двигуна через можливе спадання напруги в мережі; $F_{макс}$ – миттєве максимальне тягове зусилля двигуна по навантажувальній діаграмі; $F_{ном}$ – номінальне тягове зусилля двигуна.

Щоб визначити, чи здатний двигун працювати з розрахунковим перевантаженням $\lambda_{розр}$, її порівнюють із наведеним у каталозі λ_k . Для цього з відомих уже значень $F_1 \dots F_n$ вибирається (або визначається окремо) максимальне значення $F_{макс}$ і обчислюється з формули потужності номінальне значення сили тяги:

$$F_{ном} = \frac{1000 N_{ном}}{V_{ном}}, \text{ Н.}$$

Порівнюючи значення, отримані в результаті розрахунку, зі значеннями, зазначеними в паспорті двигуна, приймається рішення про правильність обраного двигуна.

Якщо $\lambda_{розр}$ перевершує зазначену в характеристиці λ_k кратність моменту прийнятого двигуна, то обирається наступний по каталогу двигун більшої потужності або приймають заходи щодо зниження максимального тягового зусилля $F_{макс}$.

6.2. Визначити розрахункову потужність двигуна по нагріванню для приводу стаціонарної транспортної установки, якщо задано: номінальну швидкість тягового органа $v = 2,5$ м/с, тягове зусилля й тривалість його дії становить відповідно $F_1 = 44$ кН і $t_1 = 500$ с, $F_2 = 20$ кН і $t_2 = 200$ с, $F_3 = -100$ кН і $t_3 = 100$ с, сумарна пауза $\Theta = 150$ с, двигун має самовентиляцію.

6.2.

– Потужність двигуна: $N = \frac{F_e \cdot v}{1000}$, кВт;

– еквівалентна сила тяги: $F_a = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot t_1 + F_2^2 \cdot t_2 + \dots + F_i^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + c_1 \cdot \Theta}}$, Н;

$$F_e = \sqrt{\frac{44^2 \cdot 500 + 20^2 \cdot 200 + 100^2 \cdot 100}{500 + 200 + 100 + 0,35 \cdot 150}} = 49 \text{ кН};$$

$$N = \frac{49000 \cdot 2,5}{1000} = 122,5 \text{ кВт.}$$

6.3. Подати розрахункову схему стрічкового конвеєра, побудувати діаграму натягів, навантажувальну діаграму й визначити потужність приводу, якщо задано: $F_{2-1} = 15$ кН, $F_{4-3} = 60$ кН, $F_{пр.} = 3000$ Н, $F_{зч} = 10$ кН, $v = 1,6$ м/с, $\eta = 0,87$.

6.3.

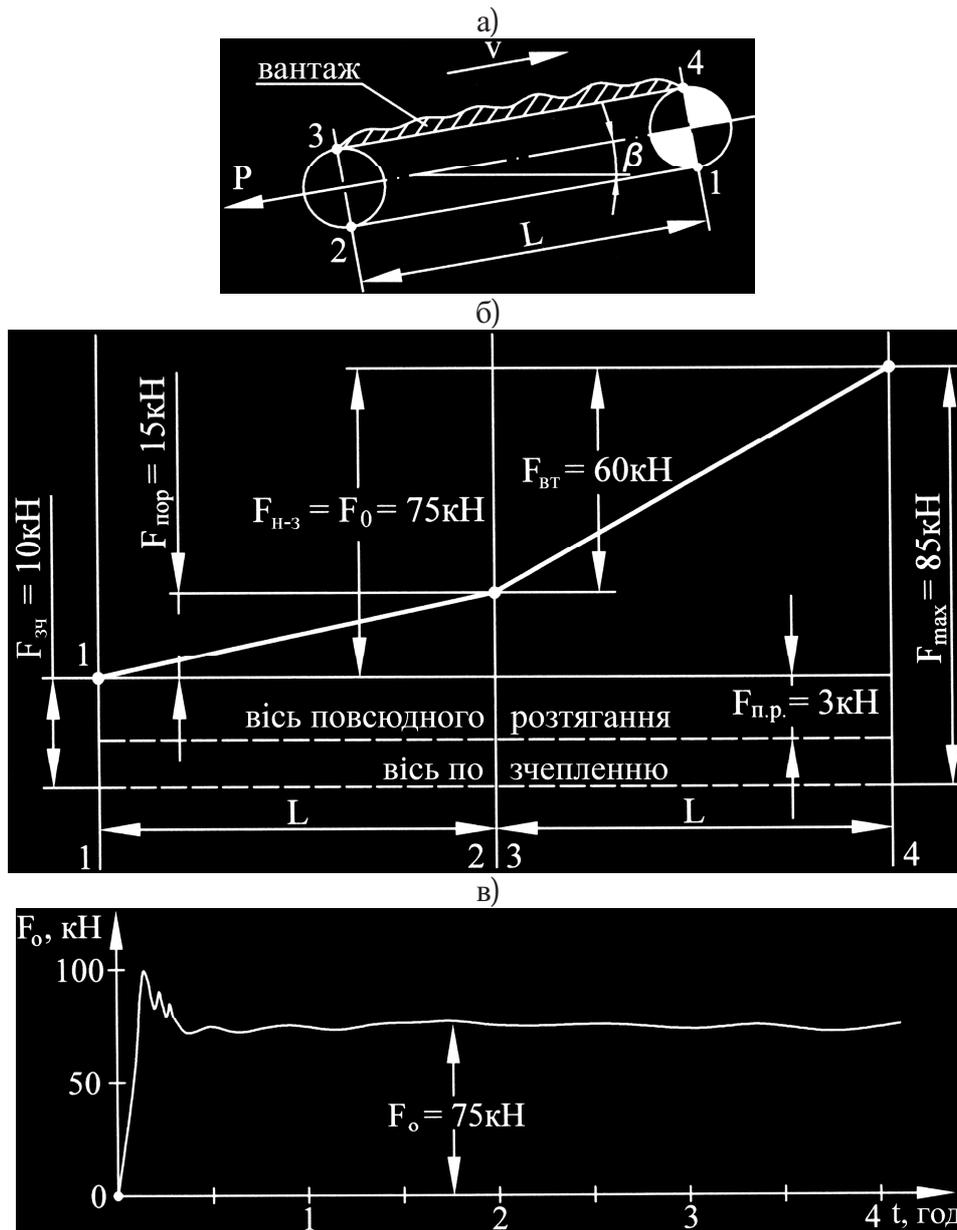


Рис. 6.2. Розрахункова схема (а), діаграма натягу (б) і навантажувальна діаграма (в) стрічкового конвеєра (до задачі 6.3)

Визначається:

– тягове зусилля на приводі: $F_o = F_{нб} - F_{зб} = F_{4,3} + F_{2,1} = 60 + 15 = 75$ кН;

– розрахункова потужність приводу конвеєра для тривалого режиму з постійним навантаженням:

$$N = \frac{F_i \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{75000 \cdot 1,6}{1000 \cdot 0,87} = 138 \text{ кВт.}$$

6.4. Визначити потужність двигуна по нагріванню для приводу стаціонарної транспортної установки, якщо дано: номінальну швидкість руху тягового органа $v = 1,6$ м/с, тягове зусилля й тривалість його дії відповідно $F_1 = 40$ кН і $t_1 = 300$ с, $F_2 = 20$ кН і $t_2 = 500$ с, $F_3 = -10$ кН і $t_3 = 400$ с, сумарний час пауз за цикл – $\Theta = 250$ с.

6.4.

– Еквівалентна сила тяги: $F_e = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot t_1 + F_2^2 \cdot t_2 + \dots + F_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + c_1 \cdot \theta}}$, кН;

$$F_e = \sqrt{\frac{40^2 \cdot 300 + 20^2 \cdot 500 + (-10)^2 \cdot 400}{300 + 500 + 400 + 0,35 \cdot 250}} = 23,5 \text{ кН};$$

– потужність двигуна: $N = \frac{F_e \cdot v}{1000} = \frac{23500 \cdot 1,6}{1000} = 37,6 \text{ кВт}$.

6.5. Визначити необхідну потужність приводу скребкового конвеєра для доставки вантажу нагору, якщо дано: продуктивність – Q , т/год; довжина конвеєра – L , м; кут підйому – β , град.; лінійна маса ланцюга – q_0 , кг/м; швидкість руху ланцюга – v , м/с; коефіцієнт опору руху порожньої гілки – w_0 , навантаженої – w ; ККД приводу – η .

6.5.

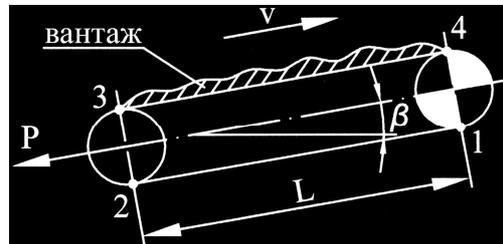


Рис. 6.3 до задачі 6.5

– Маса вантажу, що приходить на один метр довжини жолоба: $q_{ep} = \frac{Q}{3,6 \cdot v}$, кг/м;

– сили тяги на переміщення порожньої й навантаженої гілок скребкового конвеєра:

$$F_{2-1} = L q_0 g (w_0 \cos \beta - \sin \beta), \text{ Н};$$

$$F_{4-3} = L q_0 g (w_0 \cos \beta + \sin \beta) + L g q_{em} (w \cos \beta + \sin \beta), \text{ Н};$$

– сили тяги на переміщення обох гілок конвеєра (тягове зусилля приводу):

$$F_o = F_{4-3} = F_{2-1} + F_{4-3}, \text{ Н};$$

– потужність приводу: $N_p = \frac{F_{4-3} \cdot v}{1000 \cdot \eta}$, кВт.

Якщо розрахункова потужність більше потужності N_0 одного зазначеного в характеристиці конвеєра двигуна, то розраховують необхідну кількість двигунів: $n = \frac{N_p}{N_0}$, де N_0 – паспортна потужність одного двигуна (з характеристики).

Отримане значення округляється до цілого й приймається відповідна кількість двигунів із сумарною потужністю $N = \sum_1^n N_0$.

6.6. Визначити розрахункову потужність двигуна за результатами визначення сил тяги (по навантажувальній діаграмі) у задачах 5.2, 5.3, 5.4 і 5.5, якщо швидкість руху у всіх випадках $v_c = 5$ м/с, коефіцієнт зниження цієї швидкості $c = 0,95$, у задачах 5.2 і 5.3 швидкість навантаженого й порожнього скіпів однакова, ККД приводу скрізь $\eta = 0,85$; час кожної зупинки в однокінцевій відкатці $\theta' = 70$ с і в двокінцевій $\theta'' = 70$ с. У всіх випадках θ'' визначити розрахункове значення коефіцієнта перевантаження двигуна $\lambda_{розр}$.

7. Самопливний (гравітаційний) транспорт

7.1. Визначити мінімальний кут β , при якому можливе самопливне транспортування, якщо коефіцієнт тертя вантажу об поверхню ковзання $f = 0,1; 0,15; 0,2; 0,3$.

7.1

Відомо, що при $\operatorname{tg}\beta = f_{кз}$ ($f_{кз}$ – коефіцієнт тертя ковзання), тіло на похилій площині або нерухоме (якщо $f_{сп.} > f_{кз}$) або рухається (якщо воно до цього рухалося) з постійною швидкістю. Мінімальні значення кутів, для яких задані коефіцієнти тертя ковзання, дорівнюють кутам, тангенс яких дорівнює f , тобто $\beta_1 = \operatorname{arctg} f_1; \beta_2 = \operatorname{arctg} f_2; \beta_3 = \operatorname{arctg} f_3; \beta_4 = \operatorname{arctg} f_4$.

Так, при $f_1: \beta = \operatorname{arctg} 0,1 = 6^\circ$ і т.д.

7.2. Визначити максимальне значення коефіцієнта опору руху вантажу, при якому можливе самопливне транспортування, якщо кут нахилу площини $\beta = 15^\circ$?

7.2.

Тут коефіцієнт опору руху дорівнює $w_{max} = \operatorname{tg} 15^\circ = 0,26$. Це його значення буде максимальним, тому що при менших w самопливне транспортування тим більше буде забезпечене, якщо $\beta = 15^\circ$.

7.3. Визначити мінімальний кут, при якому можливе самопливне транспортування й кінцеву швидкість руху v_k зосередженого вантажу, якщо коефіцієнт опору руху по похилій площині дорівнює w , довжина шляху ковзання l , початкова швидкість v_n .

7.3.

Мінімальний кут, при якому можливе самопливне транспортування $\beta = \operatorname{arctg} w$.

У цьому випадку швидкість буде постійною. Якщо дійсний $w^1 < w$ – рух буде прискореним. Коли задана початкова швидкість v_n , можна визначити v_k на довжині шляху l .

Із закону кінетичної енергії одержуємо:

$$\frac{mv_k^2}{2} - \frac{mv_n^2}{2} = l \cdot (T - W) = l \cdot m \cdot g \cdot (\sin \beta - w^1 \cdot \cos \beta).$$

$$\text{Звідси } v_k = \sqrt{v_n^2 + 2lg(\sin \beta - w^1 \cos \beta)}.$$

7.4. Вугільний скат під кутом 25° обладнаний металевим жолобом, коефіцієнт тертя вугілля по якому дорівнює $f = 0,3$. Швидкість потоку вугілля на початку ската (верхня його частина) дорівнює 1 м/с. Через яку відстань необхідно встановити підвісні гасителі швидкості (обрізки стрічок із прикріпленим унизу вантажем, ланцюги та ін.), які б зменшували швидкість до 1 м/с, якщо максимальна припустима швидкість перед гасителем дорівнює $v_k = 3$ м/с?

7.5. Визначити коефіцієнт опору руху вагонетки, що рухається самокатом по похилій гірці довжиною $l_n = 6$ м і $\beta = 10^\circ$, а потім до повної зупинки по горизонтальній ділянці шляху довжиною $l_2 = 30; 40; 60$ м, початкова швидкість $v_n = 0$. На якій відстані від початку горизонтальної ділянки шляху на ньому потрібно встановити контрольний стовпчик для вибракування вагонеток з

більшим коефіцієнтом опору руху, якщо нормальними вважати вагонетки, у яких $w \leq 0,01$?

7.5.

Потенційна енергія положення вагонетки рівна $E_{II} = mgH = mgl_H \cdot \sin \beta$ (де l_H – горизонтальна проекція висоти H , рис. 7.1), витрачається на роботу сил тертя її руху по похилій (l_n) і горизонтальній (l_z) ділянках.

Звідси маємо:

$$mgl_n \cdot \sin \beta = mgw(l_n \cdot \cos \beta + l_z),$$

звідки
$$w = \frac{l_n \cdot \sin \beta}{l_n \cdot \cos \beta + l_z} = \frac{6 \cdot 0,17}{6 \cdot 0,98 + 30} = 0,033.$$

Аналогічно при $l_z = 40\text{ м}$ $w = 0,026$, а при $l_z = 50\text{ м}$ $w = 0,021$.

Для відбору вагонеток, що мають $w > 0,01$, контрольний стовпчик необхідно встановити на відстані АВ, рівній:

$$l_z = \frac{l_n \cdot \sin \beta - wl_n \cdot \cos \beta}{w} = \frac{6 \cdot 0,17 - 0,01 \cdot 6 \cdot 0,98}{0,01} = 96 \text{ м}.$$

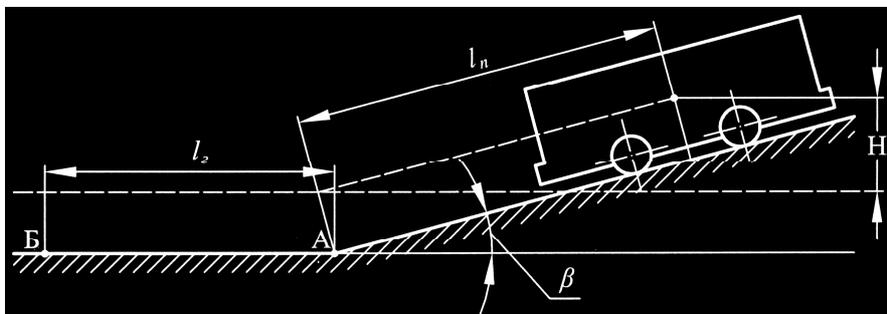


Рис. 7.1 до задачі 7.5

7.6. Визначити відстань, на яку самостійно переміститься ковзанням вантаж униз по похилій площині до повної зупинки, якщо швидкість його руху становила $v_n = 2 \text{ м/с}$, коефіцієнт опору руху $w = 0,14$, кут нахилу площини $\alpha = 10^\circ$. Вирішити задачу при $w = 0,2$.

7.6.

Оскільки $\text{tg } 10^\circ = 0,176$, що більше $0,14$, вантаж буде прискорено рухатися вниз і не зупиниться.

7.7. Визначити постійну силу гальмування, необхідну для зупинки вантажу масою $m = 200 \text{ кг}$ на похилій площині через 10 с після її прикладання до каната, якщо постійна швидкість руху вантажу становила $v_n = 3 \text{ м/с}$, коефіцієнт опору руху $w = 0,1$, кут нахилу площини $\beta = 15^\circ$.

7.7.

Сам вантаж рухався б прискорено, тому він “утримується” канатом на швидкості 3 м/с силою: $F_{\text{кан}} = mg \sin \beta - f mg \cos \beta$; $F_{\text{кан}} = 200 \cdot 10 \cdot 0,26 - 0,1 \cdot 200 \cdot 10 \cdot 0,97 = 326 \text{ Н}$.

Для повної зупинки через 10 с (рівносповільнений рух) уповільнення

$$a = \frac{v_n}{t} = \frac{3}{10} = 0,3 \text{ м/с}^2,$$

а додаткова сила за рахунок інерції дорівнює

$$F_{\text{ин}} = ma = 200 \cdot 0,3 = 60 \text{ Н}.$$

Натяг каната протягом 10 с дорівнює

$$F_{\text{кан}}^1 = F_{\text{кан}} + F_{\text{ин}} = 326 + 60 = 386 \text{ Н}.$$

8. Скребковий конвеєр

Єдиний засіб транспорту в лавах вугільних шахт, що розробляють пологі пласти. Незважаючи на досить недосконалий спосіб переміщення вантажу – волочінням, коли витрата енергії й зношування перевищує в сотні разів витрату стрічковими конвеєрами або колісним транспортом, скребкові конвеєри одержали широке поширення й мають більші перспективи завдяки своїм перевагам – можливості працювати в добувних механізованих комплексах. Іноді застосовуються як перевантажувачі.

Експлуатаційні розрахунки вибійних скребкових конвеєрів звичайно включають перевірку можливостей по продуктивності, по довжині (міцності ланцюга), по потужності приводу (кількості двигунів на ньому й місці їхнього розташування), по зусиллях у натяжній станції для конвеєрів з натяжними станціями. Розрахунки на міцність звичайно ведуться для стаціонарних режимів, динаміка зусиль у ланцюзі враховується завищенням коефіцієнта запасу міцності.

8.1. Визначити максимальний натяг ланцюга скребкового конвеєра, якщо мінімальний натяг $F_{н.р.} = 3000$ Н, сила тяги для переміщення порожньої гілки $F_{пор} = 100$ кН, навантаженої $F_{вт} = -140$ кН, коефіцієнт збільшення натягу ланцюга на кінцевій зірочці (для ланцюгів $k_n = 1,1 \div 1,15$). Порівняти значення тягових зусиль, зусиль на кінцевих зірочках і величину втрат у них для випадків розташування приводу вгорі й унизу.

8.1.

Для рішення задачі побудуємо діаграму натягу ланцюга. Із завдання видно, що конвеєр, по-перше, працює в лаві (на бремсбергу) у гальмівному режимі, і, по-друге, має місце порівняно більша величина втрат на кінцевій (веденій) зірочці, якими не можна знехтувати. Остання обставина іноді не дозволяє побудувати діаграму натягу так, як це було б при досить малих значеннях ($k_n = 1,01 \div 1,02$), коли натяг у набіжній на ведену зірочку та в збіжній з неї гілках можна прийняти однаковим. Тут рішення задачі виконується в такий спосіб:

Варіант 1. Привід угорі.

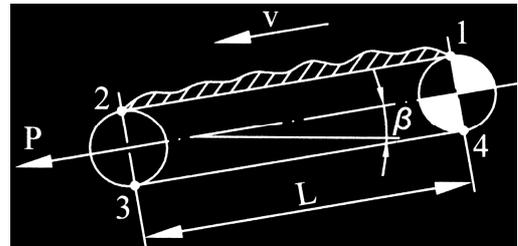
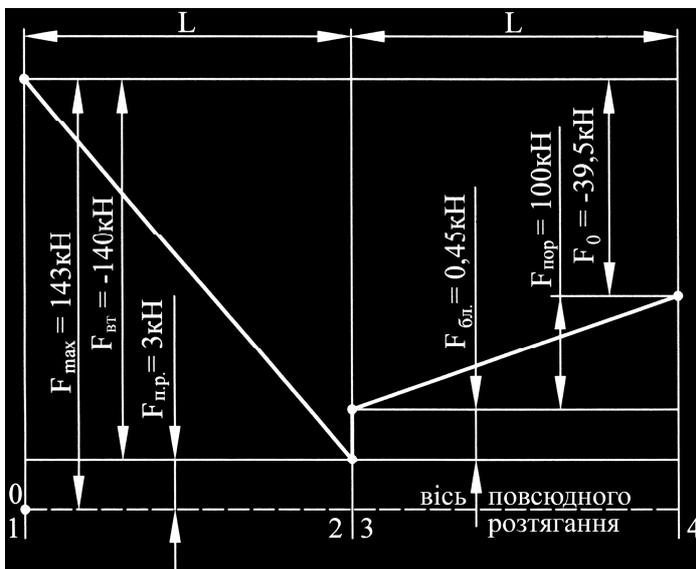


Рис. 8.1, а до задачі 8.1

Тут $F_{\text{обл}} = F_{\text{н.р.}} \cdot (k_n - 1)$; $F_{\text{обл}} = 3 \cdot (1,15 - 1) = 0,45$ кН;
 $F_{3\text{б}} = F_1 = F_{\text{max}} = F_{\text{н.р.}} + F_{\text{ем}}$; $F_{\text{max}} = F_1 = 140 + 3 = 143$ кН;
 $F_2 = F_{\text{н.р.}} = 3$ кН; $F_3 = F_2 \cdot (k_n - 1) + F_2$; $F_3 = 3 \cdot (1,15 - 1) + 3 = 3,45$ кН;
 $F_4 = F_{\text{нб}} = F_3 + F_{\text{нор}}$; $F_4 = 3,45 + 100 = 103,45$;
 – тягове зусилля приводу $F_o = F_{\text{нб}} - F_{3\text{б}} = 103,45 - 143 = - 39,55$ кН;
 – реакція біля кінцевої зірочки від натягу ланцюга $P = F_2 + F_3 = 3 + 3,45 = 6,45$ кН.
 Варіант 2. Привід унизу.

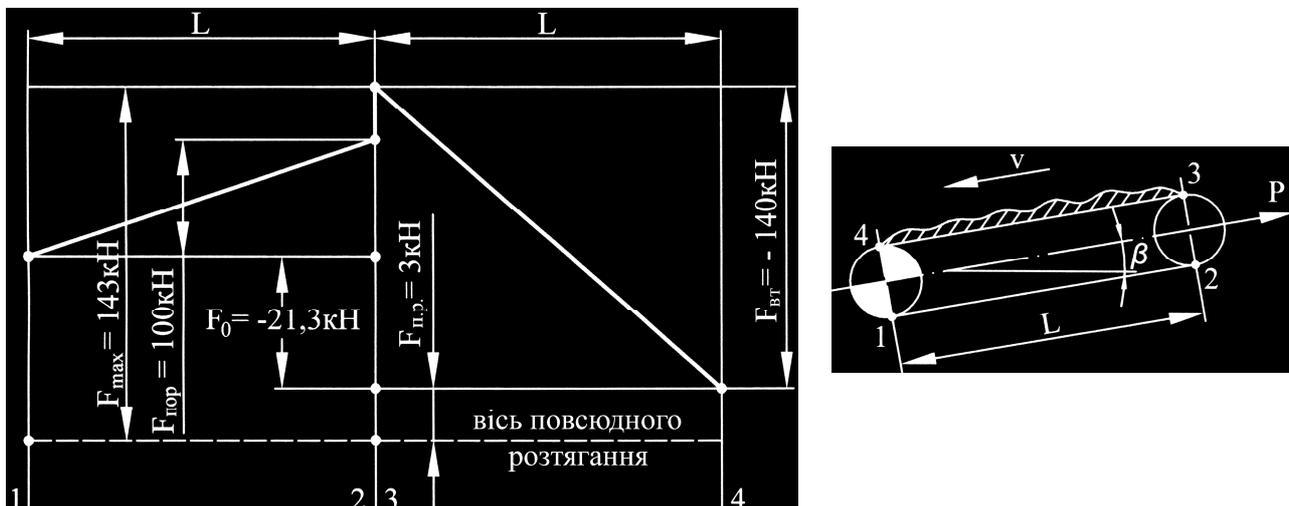


Рис. 8.1, б до задачі 8.1

Тут, на відміну від вар. 1, $F_{\text{обл}}$ визначити не можна, тому що F_1 і F_2 невідомі.

Вирішимо цю задачу таким чином: нехай $F = x$. З діаграми маємо $x + F_{\text{нор}} + F_{\text{обл}} = |F_{\text{ем}}| + F_{\text{н.р.}}$, а $F_{\text{обл}} = (x + F_{\text{нор}}) \cdot (k_n - 1)$; $F_4 = F_{\text{н.р.}} = 3$ кН.

Після рішення відносно x маємо:

$$F_1 = x = \frac{|F_{\text{ем}}| + F_{\text{н.р.}} - F_{\text{нор}} \cdot k_n}{k_n} = \frac{140 + 3 - 100 \cdot 1,15}{1,15} = 24,35 \text{ кН};$$

$$F_2 = F_{\text{нор}} + F_1 = 100 + 24,35 = 124,35 \text{ кН, а } F_{\text{обл}} = 124,35 \cdot 0,15 = 18,65 \text{ кН};$$

$$F_3 = F_{\text{max}} = F_1 + F_{\text{нор}} + F_{\text{обл}} = 24,35 + 100 + 18,65 = 143 \text{ кН};$$

$$F_o = F_{\text{нб}} - F_{3\text{б}} = F_4 - F_1 = 3 - 24,5 = 21,5 \text{ кН.}$$

Реакція біля кінцевої зірочки $P = F_2 + F_3 = 124,35 + 143 = 267,35$ кН, що в багато разів більше, ніж у вар. 1.

8.2. Визначити силу тяги, для переміщення навантаженої гілки скребкового конвеєра, якщо дано: лінійна маса вантажу $q_{\text{ем}} = 40$ кг/м, лінійна маса тягового органа $q_0 = 15$ кг/м, довжина конвеєра $L = 150$ м, коефіцієнт опору руху ланцюга $w_0 = 0,2$, вантажу $w_{\text{ем}} = 0,4$, кут нахилу $\beta = 10^\circ$.

8.2.

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

$$F_{\text{ем}} = q_0 \cdot L \cdot g \cdot (w_0 \cdot \cos \beta + \sin \beta) + q_{\text{ем}} \cdot L \cdot g \cdot (w_{\text{ем}} \cdot \cos \beta + \sin \beta), \text{ Н};$$

$$F_{\text{ем}} = 15 \cdot 150 \cdot 9,81 \cdot (0,2 \cdot \cos 10 + \sin 10) + 40 \cdot 150 \cdot 9,8 \cdot (0,4 \cdot \cos 10 + \sin 10) = 41498 \text{ Н.}$$

8.3. Визначити розподіл натягу ланцюга по контуру конвеєра методом побудови діаграми натягу, а також потужність приводу, зусилля натяжної

станції, якщо дано: сили тяги прямолінійних $F_{нор} = 50$ кН, $F_{ем} = 100$ кН; мінімальний натяг $F_{н.р} = 3$ кН, швидкість тягового органа $v = 1,2$ м/с, $\eta = 0,9$, коефіцієнт збільшення натягу на відомому блоці $k_n = 1,2$. Задачу вирішити для варіантів розташування приводу в голові й у хвості конвеєра, коли $k_n = 1$ і $k_n = 1,2$, і зробити порівняння результатів.

8.3.

При $k_n = 1$ (рис. 8.2, а).

Варіант 1. Привід у голові конвеєра.

$$F_o = F_{нор} + F_{ем}; F_o = 50 + 100 = 150 \text{ кН};$$

$$N = \frac{F_o \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad N = \frac{150}{1000 \cdot 0,9} = 200 \text{ кВт.}$$

$$\text{Реакція кінцевої зірочки } P = 2F_2 = 2 \cdot 53 = 106 \text{ кН}; F_{max} = 153 \text{ кН.}$$

Варіант 2. Привід у хвості конвеєра.

$$F_o = 150 \text{ кН}; N = 200 \text{ кВт}; P = 2F_2 = 2 \cdot 103 = 206 \text{ кН};$$

$$F_{max} = 153 \text{ кН.}$$

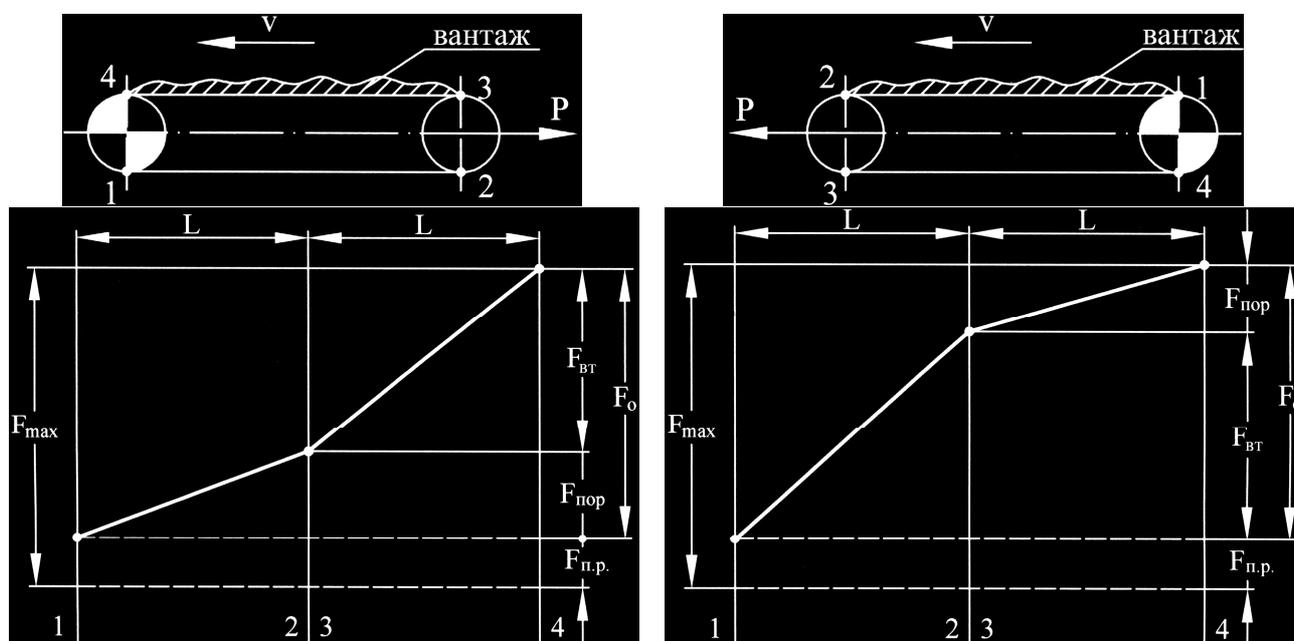


Рис. 8.2, а до задачі 8.3, при $k_n = 1$

При $k_n = 1,2$ (рис. 8.2, б).

Варіант 1. Привід у голові конвеєра.

$$F_1 = F_{нр} = 3 \text{ кН}, F_2 = (F_{нр} + F_{нор}) = 3 + 50 = 53 \text{ кН};$$

$$F_3 = (F_{нр} + F_{нор}) \cdot (k_n - 1) = (3 + 50) \cdot 1,2 = 63,6 \text{ кН.}$$

$$F_{ол} = (F_{нор} + F_{нр}) \cdot k_n = 10,6 \text{ кН}; F_o = 150 + 10,6 = 160,6 \text{ кН.}$$

$$N = \frac{F_o \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}; N = \frac{160600 \cdot 1,2}{1000 \cdot 0,9} = 214 \text{ кВт};$$

$$F_{max} = 153 + 10,6 = 163,6 \text{ кН.}$$

$$\text{Реакція кінцевого блоку } P = 2F_2 + F_{ол} = 2 \cdot 53 + 10,6 = 116,6 \text{ кН.}$$

Варіант 2. Привід у хвості конвеєра.

$$F_{ол} = (F_{нор} + F_{нр}) \cdot (k_n - 1); F_{ол} = 103 \cdot 0,2 = 20,6 \text{ кН}; F_o = 150 + 20,6 = 170,6 \text{ кН.}$$

$$N = \frac{170600 \cdot 1,2}{1000 \cdot 0,9} = 226,6 \text{ кВт}; P = 2F_2 + F_{ол} = 2 \cdot 103 + 20,6 = 226,6 \text{ кН.}$$

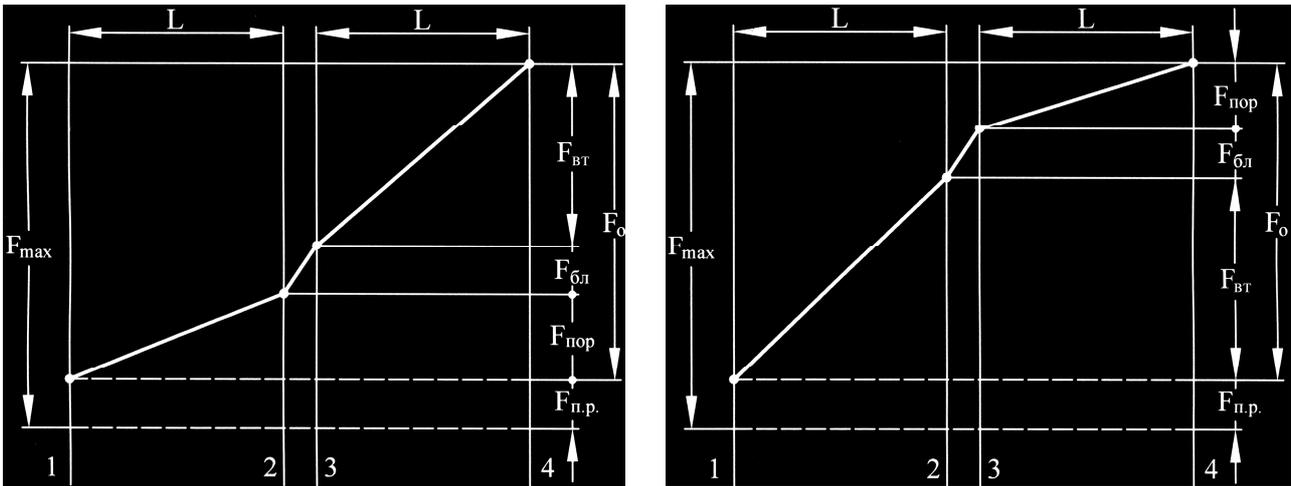


Рис. 8.2, б до задачі 8.3, при $k_n = 1,2$

8.4. Навести розрахункову схему, побудувати діаграму натягів і визначити максимальний натяг ланцюга скребкового конвеєра, якщо мінімальний натяг $F_{n.p} = 4$ кН, сила тяги для переміщення порожньої й навантаженої гілок $F_{пор} = -30$ кН і $F_{см} = 120$ кН відповідно, $k_n = 1,15$, привід у голові конвеєра.

8.4.

$$F_1 = |F_{2-1}| + F_{n.p.} = 30 + 4 = 34 \text{ кН}; F_2 = F_{n.p.} = 4 \text{ кН}; F_3 = F_2 \cdot k_n = 4 \cdot 1,15 = 4,6 \text{ кН}; F_{бл} = 4,6 - 4 = 0,6 \text{ кН}.$$

$$F_{max} = F_4 = F_3 + F_{4-3} = 4,6 + 120 = 124,6 \text{ кН}; F_{н-3} = F_o = F_4 - F_1 = 124,6 - 34 = 90,6 \text{ кН}.$$

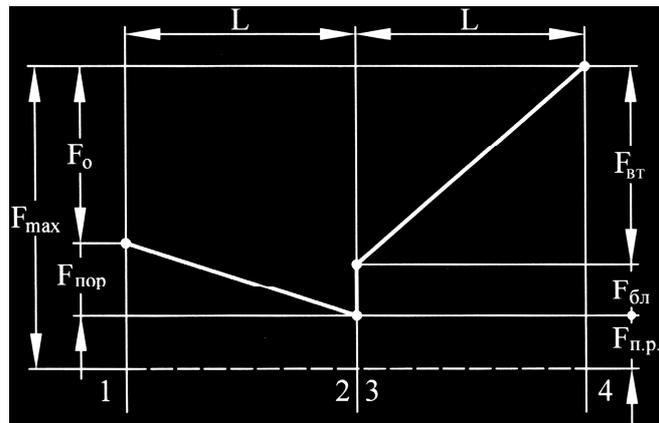
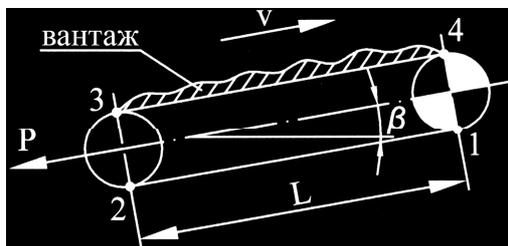


Рис. 8.3 до задачі 8.4

8.5. Навести розрахункову схему скребкового конвеєра, побудувати діаграму натягу й визначити потужність двигуна, якщо дано: $F_{пор} = 15$ кН, $F_{см} = -60$ кН, $F_{n.p.} = 3000$ Н, $v = 1,0$ м/с, $\eta = 0,84$, $k_n = 1,15$, привід розташований наприкінці транспортування.

8.5. Див. рішення 8.1.

$$F_1 = x = \frac{|F_{см}| + F_{np} - F_{пор} \cdot k_n}{k_n} = \frac{60 + 3 - 1,15 \cdot 15}{1,15} = 39,8 \text{ кН};$$

$$F_2 = F_1 + F_{пор} = 39,8 + 15 = 54,8 \text{ кН}; F_3 = F_2 \cdot k_n = 54,8 \cdot 1,15 \cong 63 \text{ кН};$$

$$F_{бл} = F_3 - F_2 = 63 - 54,8 = 8,2 \text{ кН}; F_o = F_{нo} - F_{сo} = 3 - 39,8 = -36,8 \text{ кН};$$

$$N = \frac{|F_o| \cdot v \cdot \eta}{1000} = \frac{36800 \cdot 1 \cdot 0,85}{1000} = 31,3 \text{ кВт}$$

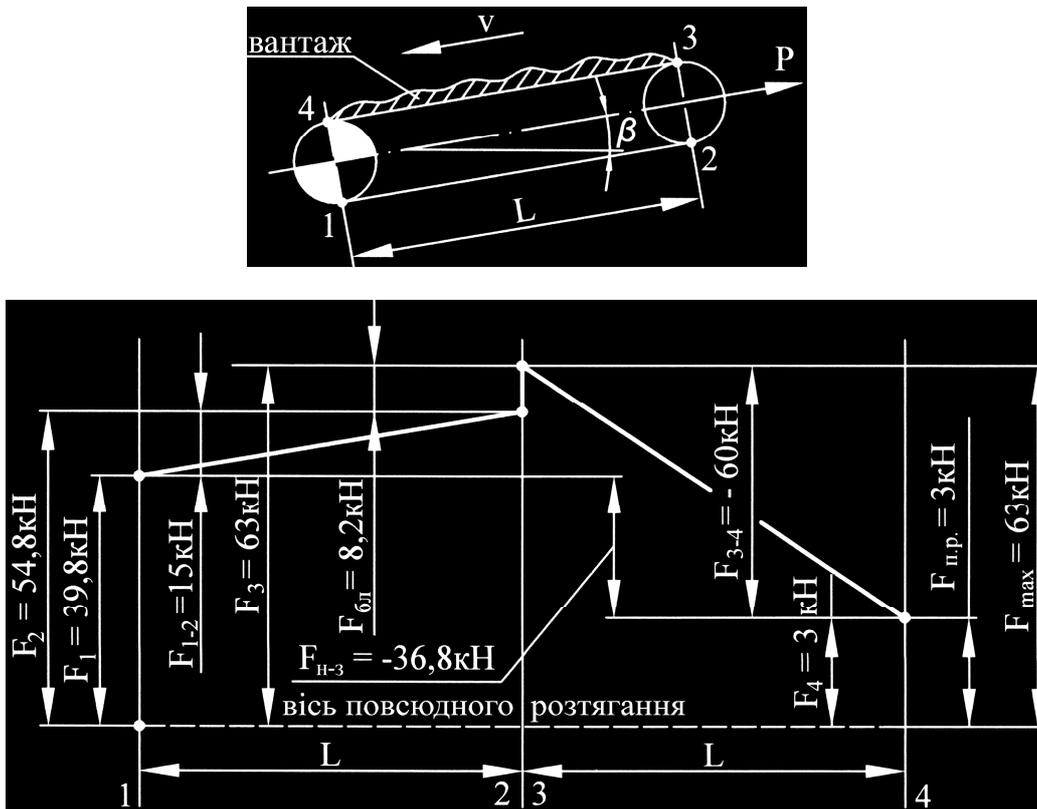


Рис. 8.4 до задачі 8.5

8.6. Навести розрахункову схему скребкового конвеєра, побудувати діаграму натягів і визначити потужність двигуна, якщо дано: $F_{нор} = -15$ кН, $F_{вт} = 60$ кН, $F_{н.р.} = 3000$ Н, $v = 1,2$ м/с, $\eta = 0,84$, $k_n = 1,15$. Привід угорі.

8.6. Рішення аналогічне 8.4.

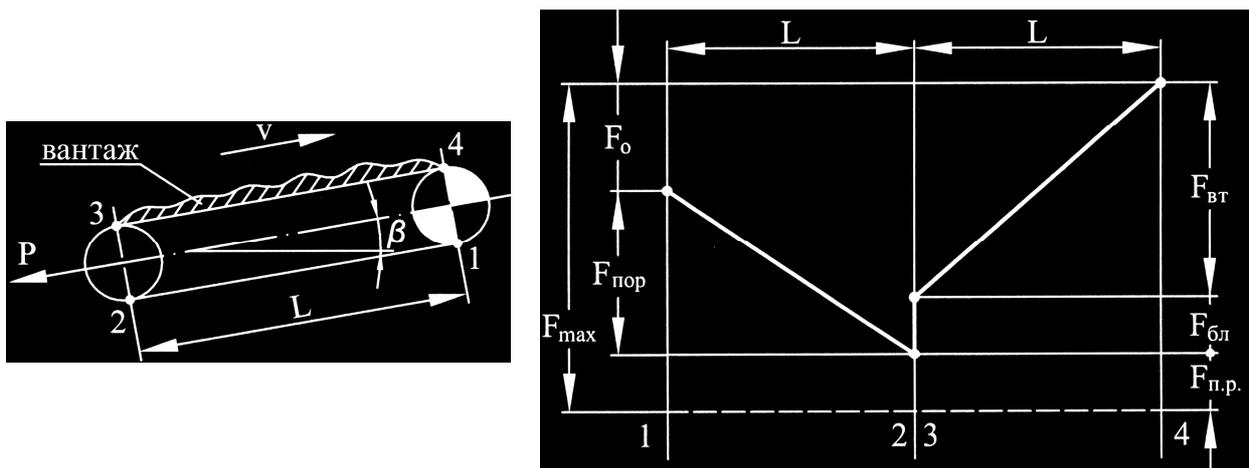


Рис. 8.5 до задачі 8.6

$$\begin{aligned}
 \text{Натяги: } F_1 &= F_{нр} + |F_{нор}| = 15 + 3 = 18 \text{ кН}; & F_2 &= F_{н.р.} = 3 \text{ кН}; \\
 F_3 &= F_2 \cdot k_n = 3 \cdot 1,15 = 3,45 \text{ кН}; & F_4 &= F_3 + F_{вт} = 3,45 + 60 = 63,45 \text{ кН}; \\
 F_o &= F_4 - F_1 = F_{нб} - F_{зб} = 63,45 - 18 = 45,55 \text{ кН}; \\
 N &= \frac{F_o \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{45550 \cdot 1,2}{1000 \cdot 0,85} = 64,3 \text{ кВт}.
 \end{aligned}$$

8.7. Визначити закон зміни швидкості руху й прискорення ланцюга скребкового конвеєра, якщо дано: розрахункову схему (рис. 8.5, а, б); кількість граней зірочки – $z = 6$ шт.; радіус траєкторії руху осі шарніра ланцюга – $R = 0,3$ м; кількість обертів зірочки $n = 60$ об/хв. Побудувати графіки зміни швидкості й прискорення ланцюга.

8.7.

$$v_{лц} = v_a \cdot \cos \varphi = \omega \cdot R \cdot \cos \varphi; \varphi = \frac{360}{2 \cdot z}; a = -\omega^2 \cdot R \cdot \sin \varphi.$$

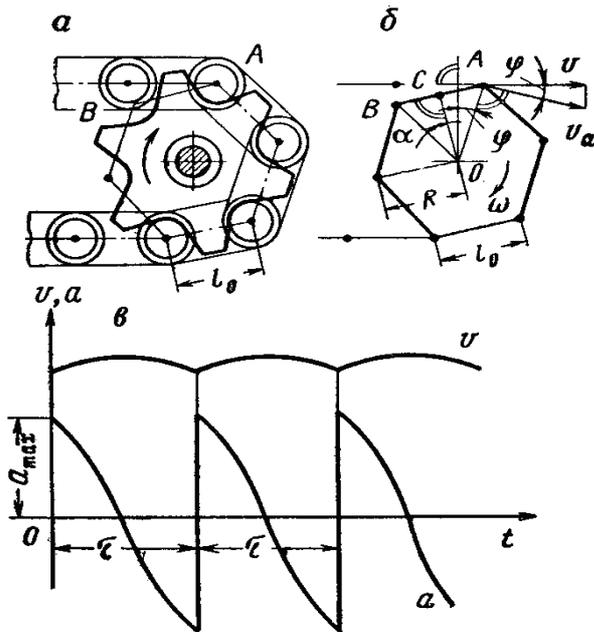
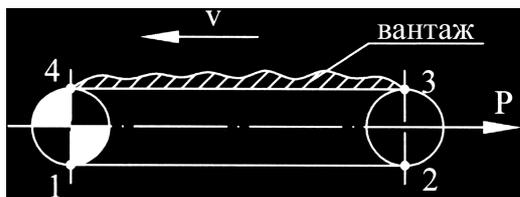


Рис. 8.6 до задачі 8.7: а, б – кінематичні схеми; в – графіки зміни швидкості $v_{лц}$ і прискорення a ланцюга

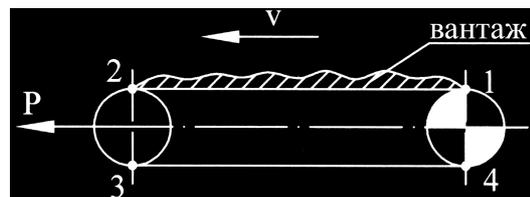
8.8. Визначити для двох крайніх варіантів розташування приводу максимальний натяг ланцюга конвеєра й реакцію в кінцевих блоках станції, якщо $F_{n.p.} = 3$ кН, сили тяги для переміщення гілок $F_{nop} = 100$ кН і $F_{см} = 140$ кН, $k_n = 1$.

8.8.

Максимальний натяг: $F_{max} = F_{nop} + F_{см} + F_{n.p.} = 100 + 140 + 3 = 243$ кН.



$$\begin{aligned} F_1 &= 3 \text{ кН} \\ F_2 &= F_3 = 103 \text{ кН} \\ F_4 &= 243 \text{ кН} \\ P &= 2F_2 = 2 \cdot 103 = 206 \text{ кН.} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} F_1 &= 3 \text{ кН} \\ F_2 &= F_3 = 143 \text{ кН} \\ F_4 &= 243 \text{ кН} \\ P &= 2F_2 = 2 \cdot 143 = 286 \text{ кН.} \end{aligned}$$

Рис. 8.7 до задачі 8.8

8.9. Визначити натяг у всіх характерних точках контуру ланцюга й коефіцієнт збільшення натягу k_n на веденому блоці (кінцевої станції) скребкового конвеєра, якщо $F_{nop} = 20$ кН, $F_{см} = 100$ кН, $F_{n.p.} = 3000$ Н, $F_o = 130$ кН. Привід розташований наприкінці транспортування.

9. Стрічковий конвеєр

Перспективний і широко застосовуваний спосіб транспортування насипних вантажів у всіх галузях промисловості, у тому числі й у гірничодобувній. Експлуатаційні (перевірочні) розрахунки звичайно виконуються для: вибору типу конвеєра або перевірки відомого конвеєра на задану продуктивність і довжину; розрахунку й вибору стрічки – основного дорогого, що піддається інтенсивному зносу елемента конвеєра; перевірки привода на тягову здатність і потужність; в окремих випадках – для вибору засобів створення натягу стрічки та ін.

Чим більше продуктивність (десятки тисяч кубічних метрів на годину) і менше довжина, тим ефективнішим є застосування стрічкових конвеєрів.

Основним недоліком вважається неможливість застосування в шахті при кутах нахилу більше 16-20°. Досить високі показники по питомих енерговитратах має стрічковий конвеєр, що обслуговує нерівномірний вантажопотік (з коефіцієнтом нерівномірності $k = 1,5$ і більше).

Основним методом розрахунку натягів стрічки по всьому контуру є застосування діаграми її натягу, де дається наочне подання про розподіл натягів, а також з'являється можливість (якщо діаграма виконана в масштабі) визначати натяги в будь-якому перерізі, без додаткових розрахунків вибрати місце розташування приводу й натяжної станції та ін.

Порядок розрахунку стрічкового конвеєра

I. Вихідні дані: змінна продуктивність $Q_{зм}$, т/зм; час зміни $t_{зм}$, год; коефіцієнт машинного часу k_m ; коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку k ; довжина транспортування L , м; кут нахилу виробки до горизонту β , град. та її профіль; напрямок транспортування (ухил, бремсберг, штрек); найменування вантажу, його кускуватість a , мм і щільність у насипці ρ т/м³.

Додатково до вихідних даних для розрахунку вибираються значення коефіцієнта опору руху w і коефіцієнта зчеплення (тертя) стрічки із приводним барабаном f .

II. Р о з р а х у н о к

1. За $Q_{зм}$ визначається розрахунковий вантажопотік $Q_p = \frac{Q_{зм} \cdot k}{t_{зм} \cdot k_m}$.

2. За Q_p і заданими L і β вибирається з каталогу конвеєр.

3. Для подальшого розрахунку з характеристики конвеєра визначається:

– по стрічці – її розміри (ширина B , товщина), матеріал, міцнісні параметри (допустимий натяг, тимчасовий опір розриву, кількість прокладок i , кількість тросів $n_{тр}$, розривне зусилля $F_{розр}$), лінійна маса q_l , кг/м;

– по роликкоопорах – маси обертових частин верхніх m'_p і нижніх m''_p роликкоопор, а також відстані між ними l'_p й l''_p ; кут установлення бічних роликів δ , град.

– по приводу – кількість барабанів і кути обхвату їх стрічкою α_1 й α_2 , зв'язок між барабанами у двобарабанному приводі; потужності двигунів N_1 і N_2 ;

– тип натяжної станції й граничний створюваний нею натяг стрічки.

4. Перевіряється ширина стрічки B обраного конвеєра щодо кускавості – $B \geq B_{min}$, де $B_{min} = 3,3a + 0,2$, м або $B_{min} = 2a + 0,2$, м відповідно для сортованих і рядових вантажів.

При рішенні достатності B враховуються рекомендації досвіду експлуатації конвеєрів у вугільних шахтах: $B_{min} = 800$ мм і $B_{min} = 1000$ мм для дільничних і капітальних виробок відповідно.

5. Визначається розрахункова лінійна (погонна) маса: вантажу $q_{em} = \frac{Q_p}{3,6 \cdot v}$ кг/м; роликоопор $q'_p = \frac{m'}{l'}$, кг/м; $q''_p = \frac{m''}{l''}$, кг/м.

6. Залежно від заданих умов вибираються розрахункові значення коефіцієнта опору руху стрічки й роликів w , а також коефіцієнт тертя (зчеплення) стрічки із приводним барабаном μ (f) (див. додаток).

7. Визначається розрахункове значення сили тяги:

– порожньої гілки: $F_{nop} = L q_l g(c_2 w \cos \beta \pm \sin \beta) + c_2 L q_p'' g w$, Н;

– навантаженої гілки: $F_{em} = L g(q_l + q_{ep})(c_2 w \cos \beta \pm \sin \beta) + c_2 L q_p' g w$, Н;

де c_2 – коефіцієнт, що враховує місцевий опір; $c_2 = 9 \div 1,1$ залежно від довжини L (від 3 до 850 м і більше).

8. Тягове (окружне) зусилля приводу $F_o = F_{em} + F_{nop}$, Н.

9. Мінімальний натяг стрічки в точці збігання із приводу за умовами відсутності пробуксовки:

– для однобарабанних і двобарабанних із жорстким зв'язком між барабанами приводів:

– тяговий режим $F_{зб.min} = \frac{F_o \cdot k_t}{e^{f(\alpha_1 + \alpha_2)} - 1}$, Н ;

– гальмівний режим $F_{зб.min} = \frac{|F_o| \cdot k_t}{e^{f(\alpha_1 + \alpha_2)} - 1}$, Н ;

– для тандемприводів $F_{зб.min} = \frac{F_o \cdot \delta_2 \cdot k_t}{e^{f\alpha_2} - 1}$,

де $\delta_2 = \frac{N_2}{N_1 + N_2}$ – частка тягового зусилля другого барабана; N_1 і N_2 – потужності двигунів 1 і 2 барабанів.

10. Мінімальний натяг стрічки за умовою обмеження прогину стрічки на навантаженої гілці $F_{em.min} = 5 \cdot (q_l + q_{em}) \cdot l'_p$, Н.

11. Побудова схеми конвеєра й діаграми натягу стрічки.

Визначається положення осі відліку по $F_{зб.min}$ або $F_{em.min}$ і потім максимальний натяг F_{max} .

12. Визначається допустимий натяг стрічки $F_{\text{дон}} = \frac{F_{\text{розр}}}{m}$,

де $m = 9 - 11$ і $m = 6 - 8$ – запас міцності тканинних і тросових стрічок відповідно.

13. Кількість конвеєрів на задану довжину L дорівнює: $n = \frac{F_{\text{max}}}{F_{\text{дон}}}$, результат округляється до більшого, довжина кожного з n конвеєрів $L_1 = \frac{L}{n}$.

14. Для кожного конвеєра визначається $F'_{\text{вт}}$, $F'_{\text{нор}}$, будується нова діаграма натягу й знаходиться F'_{max} .

15. Визначається розрахунковий запас міцності стрічки для одного конвеєра $m_{\text{розр}} = \frac{F_{\text{розр}}}{F'_{\text{max}}}$, порівнюється його значення з нормативним і робиться висновок про необхідність і можливість застосування іншої, чим зазначена в характеристиці, менш міцної, а отже, більш дешевої стрічки.

16. Розраховується потужність приводу одного конвеєра, порівнюється з даними в характеристиці й приймається відповідне рішення про необхідність і доцільність застосування менш потужного приводу (якщо $N'_{\text{розр}} \leq N_{\text{хар}}$). Якщо з розрахунку виявиться $N'_{\text{розр}} \geq N_{\text{хар}}$, кількість конвеєрів збільшується на одиницю й виконується перерахунок уже більш короткого конвеєра довжиною $L^1 = \frac{L}{n+1}$.

17. З діаграми натягу визначається зусилля натяжної станції, порівнюється його значення з можливостями станції обраного конвеєра й приймається відповідне рішення.

18. Для бремсбергових конвеєрів, що працюють у гальмівному режимі ($F_o \leq 0$), крім роботи під навантаженням робиться розрахунок при роботі вхолосту й вибирається більш важкий режим по натягах стрічки й потужності приводу.

У “Додатку” дані деякі відомості про підземні конвеєри, стрічки, діаграми, профілі та інше, які полегшать рішення задач, наведених нижче.

9.1. Навести розрахункову схему горизонтального стрічкового конвеєра, побудувати діаграму натягів стрічки й визначити потужність двигуна, якщо дано: сили тяги порожньої й навантаженої гілки $F_{пор} = 15$ кН, $F_{вт} = 60$ кН, мінімальний натяг $F_{н.р.} = 3$ кН, мінімальний натяг по зчепленню $F_{зч} = 10$ кН, швидкість руху $v = 1,6$ м/с, ККД $\eta = 0,87$.

9.1.

Потужність двигуна $N = \frac{F_{н-з} \cdot v}{1000 \cdot \eta}$, кВт;

тягове зусилля приводу: $F_{н-з} = F_o = F_{пор} + F_{вт} = 15 + 60 = 75$ кН.

$$N = \frac{75 \cdot 1,6 \cdot 1}{1000 \cdot 0,87} = 138, \text{ кВт.}$$

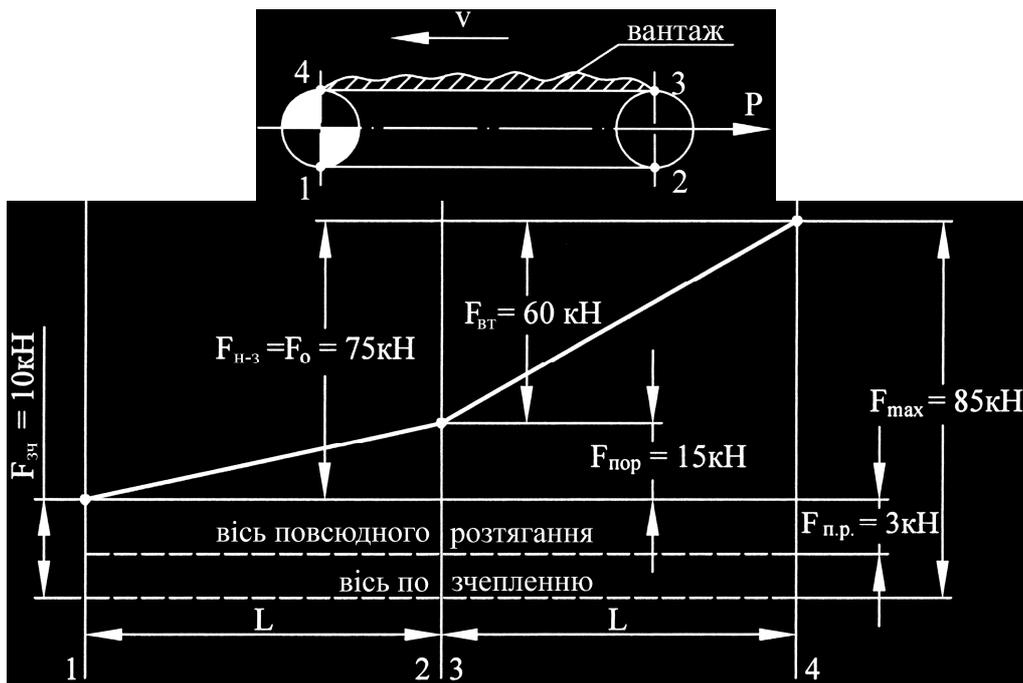


Рис. 9.1 до задачі 9.1

9.2. Визначити мінімальний натяг стрічки по зчепленню й потужність кожного двигуна двобарабанного приводу стрічкового конвеєра із самостійними для кожного барабана двигунами, якщо загальне тягове зусилля приводу (обох барабанів) $F_{н-з} = 150$ кН, коефіцієнт тертя стрічки по барабану $f = 0,3$, кут обхватів барабанів $\alpha_1 = 210^\circ$ і $\alpha_2 = 210^\circ$, запас тягової здатності приводу $k_m = 1,15$, частка другого барабана в передачі загального зусилля (потужності) $\delta_2 = 0,5$, швидкість стрічки $v = 2,5$ м/с, $\eta = 0,87$ – ККД двигуна.

9.2.

Мінімальне значення натягу по зчепленню:

$$F_{зч} = \frac{F_{н-з} \cdot \delta_2 \cdot k_m}{e^{f \cdot \alpha_2} - 1} = \frac{150 \cdot 0,5 \cdot 1,15}{e^{0,3 \cdot 3,66} - 1} = 43 \text{ кН;}$$

Потужність двигуна:

$$N_1 = N_2 = \frac{F_{н-з} \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{150}{2} \cdot \frac{2,5}{1000 \cdot 0,9} = 208 \text{ кВт.}$$

9.3. Визначити розподіл натягу по контуру стрічкового конвеєра методом побудови діаграми натягу й потужність кожного двигуна, якщо дано: сили тяги на переміщення прямолінійних відрізків $F_{пор} = -15$ кН, $F_{ем} = 70$ кН; мінімальний натяг по зчепленню другого барабана $F_{зч} = 10$ кН; мінімальний натяг на навантаженій гілці (по прогину стрічки між роликоопорами) $F_{н.р.} = 4$ кН, швидкість стрічки $v = 1,5$ м/с, частка потужності тягового зусилля другого барабана $\delta_2 = 0,5$, $\eta = 0,8$ – ККД двигуна.

9.3.

$F_{н-с} = F_{пор} + F_{ем} = -15 + 70 = 55$ кН – сила тяги двох двигунів;

$$N = \frac{F_{н-с} \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт (тут } F_{н-с} \text{ – у Ньютонах);}$$

Оскільки частка потужності другого двигуна $\delta_2 = 0,5$, то $N_1 = N_2$.

$$N_1 = N_2 = \frac{55 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,8} = 52 \text{ кВт.}$$

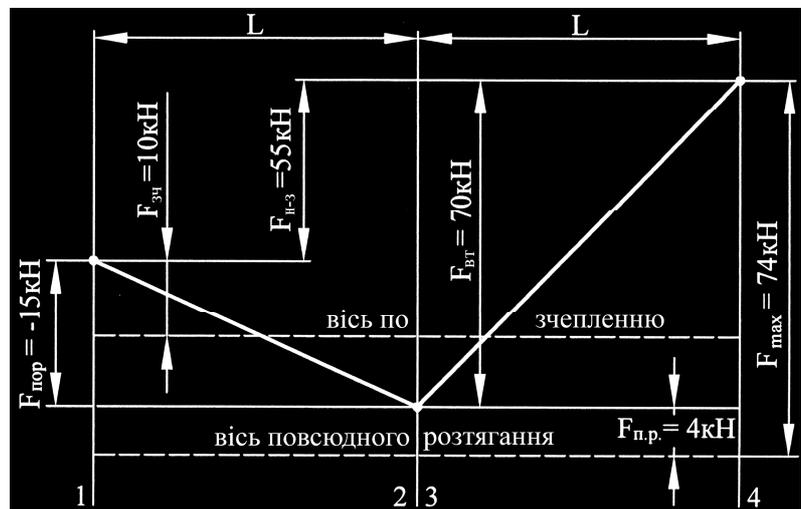
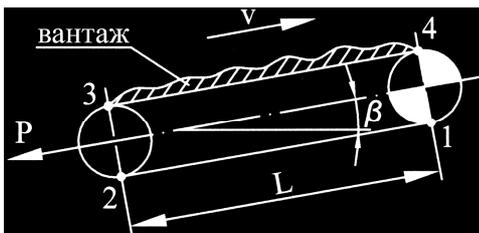


Рис. 9.2 до задачі 9.3

9.4. Визначити розподіл натягу по контуру стрічкового конвеєра методом “обходу контуру”, якщо дано: розрахункову схему контуру тягового органа; сили тяги прямолінійних відрізків: $(-F_{1-2})$, F_{3-4} ; мінімальний натяг $F_{н.р.}$.

9.5. Визначити розподіл натягу по контурі стрічкового конвеєра методом побудови діаграми натягу, якщо дано: розрахункову схему контуру тягового органа; сили тяги прямолінійних відрізків: $F_{1-2} = -20$ кН, $F_{2-3} = 30$ кН, $F_{4-5} = 10$ кН, $F_{5-6} = 15$ кН, натяг по зчепленню $F_{зч} = 10$ кН; мінімальний натяг $F_{н.р.} = 3$ кН.

9.6. Визначити розподіли натягу по контуру стрічкового конвеєра методом побудови діаграми натягу, якщо дано: $F_{пор} = 10$ кН, $F_{ем} = 80$ кН; мінімальний натяг по зчепленню $F_{зч} = 8$ кН; $F_{н.р.} = 4$ кН.

9.6.

$$F_1 = F_{34} = 8 \text{ кН}; \quad F_2 = F_3 = F_1 + F_{nop} = 8 + 10 = 18 \text{ кН};$$

$$F_4 = F_{max} = F_3 + F_{em} = 18 + 80 = 98 \text{ кН}.$$

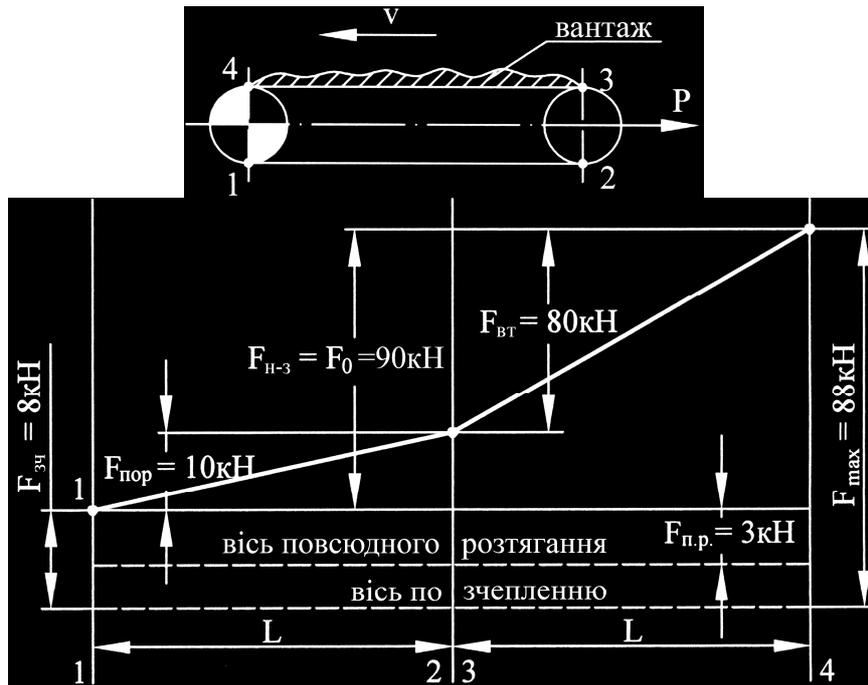


Рис. 9.3 до задачі 9.6

9.7. Визначити мінімальний натяг, навести розрахункову схему стрічкового конвеєра, побудувати діаграму натягу тягового органа, якщо тягове зусилля $F_{n-3} = 160 \text{ кН}$, сила тяги порожньої гілки $F_{1-2} = -50 \text{ кН}$, мінімальний натяг по зчепленню $F_{34} = 20 \text{ кН}$, мінімальний натяг $F_{n.p.} = 5 \text{ кН}$.

9.7.

$$F_1 = F_{np} + |F_{1-2}| = 5 + |50| = 55 \text{ кН}; \quad F_2 \approx F_3 = 5 \text{ кН};$$

$$F_{em} = F_{n-3} - F_{nop} = 160 - (-50) = 210 \text{ кН};$$

$$F_{max} = F_4 = F_3 + F_{34} = 5 + 210 = 215 \text{ кН};$$

Зусилля в натяжній станції: $P = 2F_2 = 2 \cdot 5 = 10 \text{ кН}$.

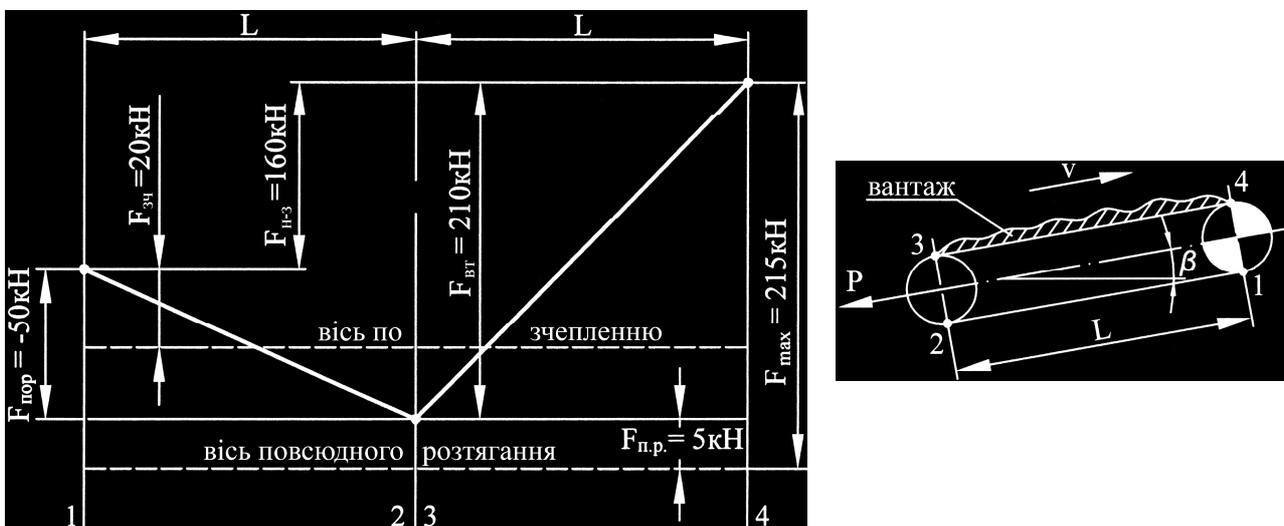


Рис. 9.4 до задачі 9.7

9.8. Визначити розподіл натягу по контуру стрічкового конвеєра вигнутого профілю, силу тяги й зусилля натяжної станції методом побудови діаграми натягу, якщо дано: розрахункову схему контуру тягового органа; сили тяги прямолінійних відрізків: $F_{1-2} = 10$ кН, $F_{2-3} = 5$ кН, $F_{4-5} = 20$ кН, $F_{5-6} = -20$ кН; натяг по зчепленню $F_{зч} = 10$ кН; мінімальний натяг $F_{н.р.} = 4$ кН.

9.8.

$F_1 = F_{зч} = 10$ кН; $F_2 = F_1 + F_{1-2} = 10 + 10 = 20$ кН; $F_3 = F_2 + F_{2-3} = 20 + 5 = 25$ кН;
 $F_4 = F_3 = 25$ кН; $F_5 = F_4 + F_{4-5} = 25 + 20 = 45$ кН; $F_6 = F_5 + F_{5-6} = 45 - 20 = 25$ кН;
 $F_5 = F_{max} = 45$ кН;
 $F_{н-з} = F_o = F_{1-6} = F_6 - F_1 = 25 - 10 = 15$ кН;
 Зусилля в натяжній станції: $P = F_3 + F_4 = 25 + 25 = 50$ кН.

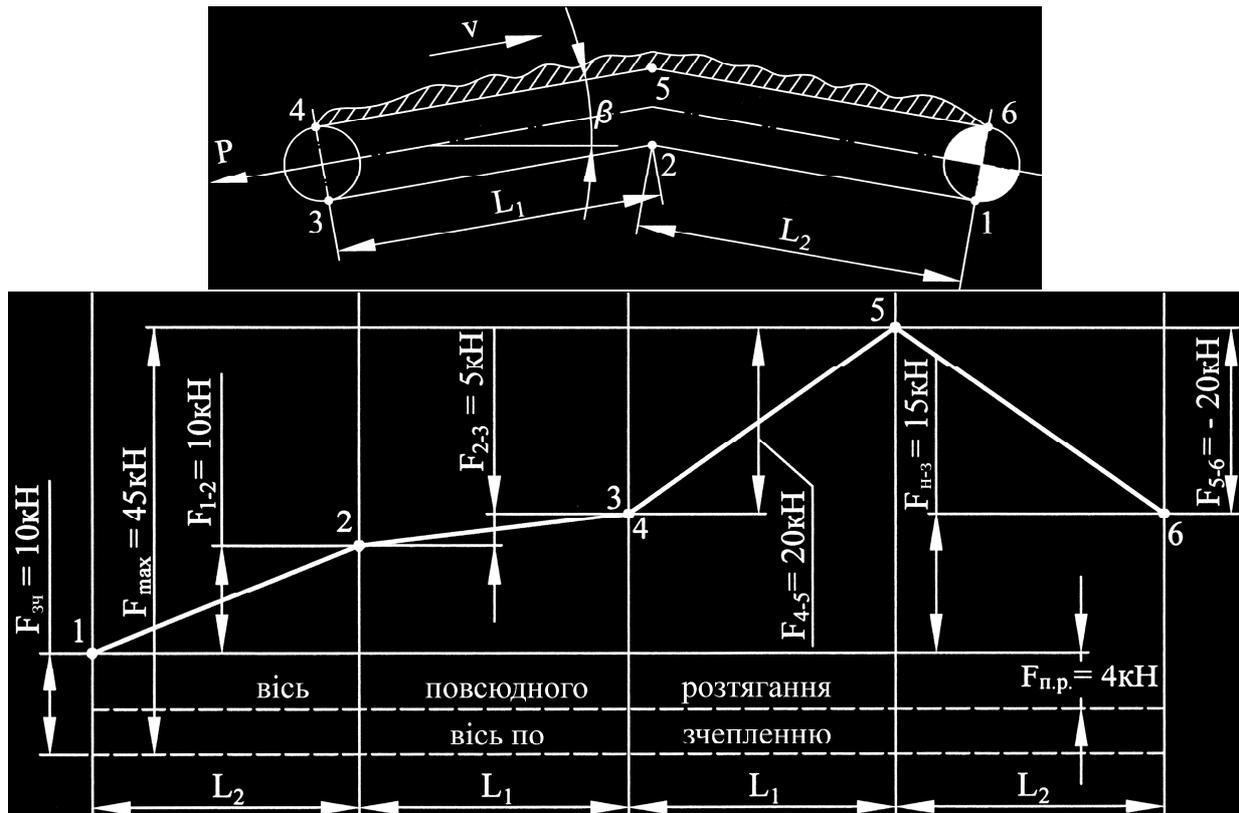


Рис. 9.5 до задачі 9.8

9.9. Побудувати діаграму розподілу натягу по контуру й визначити, як зміниться максимальний натяг стрічки конвеєра при переміщенні приводу з голови у хвіст, якщо тягове зусилля приводу $F_{н-з} = -100$ кН, сила тяги порожньої гілки $F_{нор} = 30$ кН, тяговий фактор приводу $e^{f \cdot \alpha} = 3$, коефіцієнт запасу тягової здатності $k_m = 1,2$, мінімальний натяг $F_{н.р.} = 5$ кН.

9.9.

а) Привід унизу.

$$F_{зч} = F_{нб. \min} = \frac{|F_o| \cdot k_m}{e^{f \cdot \alpha} - 1} = \frac{100 \cdot 1,2}{3 - 1} = 60 \text{ кН}; F_4 = F_{зч} = F_{нб. \min} = 60 \text{ кН};$$

$$F_1 = F_o + F_4 = 100 + 60 = 160 \text{ кН}; F_2 = F_1 + F_{1-2} = 160 + 30 = 190 \text{ кН}; F_3 = F_2 = 190 \text{ кН}; F_{max} = 190 \text{ кН};$$

$$\text{Зусилля в натяжній станції: } P = 2F_2 = 2 \cdot 190 = 380 \text{ кН}.$$

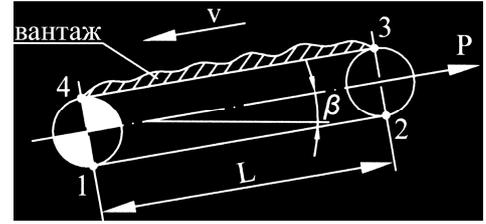
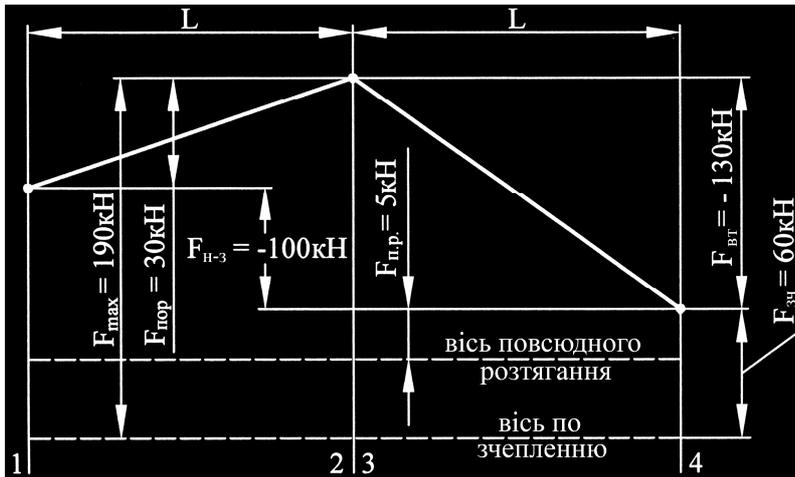


Рис. 9.6 до задачі 9.8, а

б) Привід угорі.

$$F_{зч} = F_{нб. \min} = \frac{F_o \cdot k_m}{e^{f \cdot \alpha} - 1} = 60 \text{ кН}; F_4 = 60 \text{ кН}; F_o = F_{н-3} = F_{nop} + F_{вт};$$

звідки $F_{вт} = F_{н-3} - F_{nop} = -100 - 30 = -130 \text{ кН}$; $F_{н-с} = F_4 - F_1$; $F_1 = F_4 - F_{н-3} = 60 - (-100) = 160 \text{ кН}$;
 $F_2 = F_1 + F_{вт} = 160 - 130 = 30 \text{ кН}$; $F_3 \approx F_2 = 30 \text{ кН}$; $F_{max} = F_1 = 160 \text{ кН}$; $P = 2F_2 = 2 \cdot 30 = 60 \text{ кН}$.

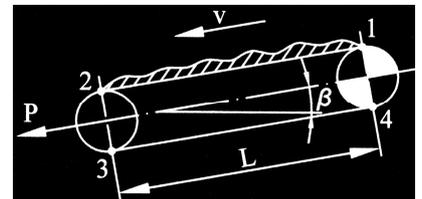
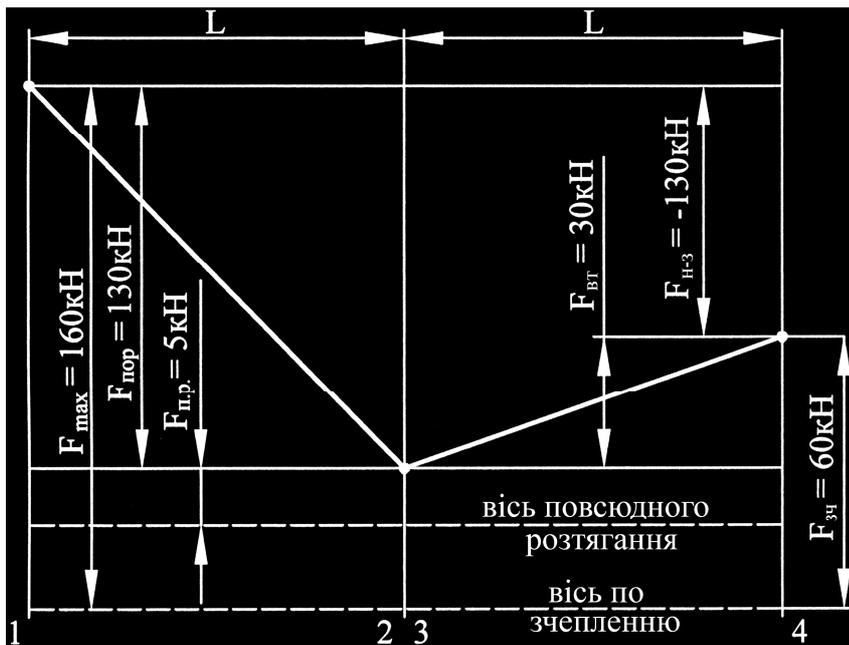


Рис. 9.6 до задачі 9.8, б

Видно, що у випадку розташування приводу вгорі максимальний натяг стрічки зменшиться на 30 кН, а зусилля в натяжній станції на 320 кН. Зусилля на приводній станції від натягу стрічки в обох варіантах дорівнює 220 кН.

9.10. Як зміниться максимальний натяг стрічки конвеєра при переміщенні приводу у хвіст, якщо тягове зусилля $F_{н-3} = 100 \text{ кН}$, сила тяги порожньої гілки $F_{nop} = -50 \text{ кН}$, мінімальний натяг по зчепленню $F_{зч} = 20 \text{ кН}$, мінімальний натяг $F_{н.p.} = 5 \text{ кН}$?

9.10.

а) Привід угорі.

$$F_{3-4} = F_{н-з} + |F_{1-2}| = 100 + 50 = 150 \text{ кН}; F_1 = F_{пр} + F_{1-2} = 5 + 50 = 55 \text{ кН};$$

$$F_3 \approx F_2 = F_{пр} = 5 \text{ кН}; F_{max} = F_4 = F_3 + F_{3-4} = 5 + 100 = 105 \text{ кН};$$

$$\text{Зусилля в натяжній станції: } P = 2F_2 = F_2 + F_3 = 5 + 5 = 10 \text{ кН}.$$

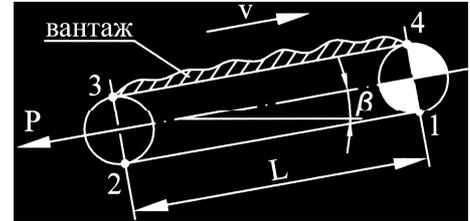
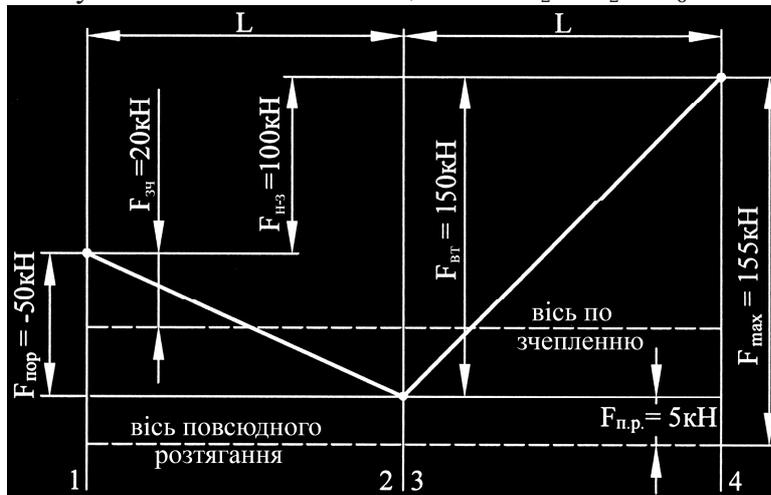


Рис. 9.8 до задачі 9.10, а

б) Привід униз.

$$F_1 = F_{зч} = 20 \text{ кН}; F_{н-з} = F_o = F_{3-4} + F_{1-2}; F_{ем} = F_{1-2} = F_o + F_{3-4} = 100 + 50 = 150 \text{ кН};$$

$$F_3 \approx F_2 = F_1 + F_{1-2} = 20 + 150 = 170 \text{ кН}; F_4 = F_3 + F_{3-4} = 170 - 50 = 120 \text{ кН};$$

$$F_{max} = F_3 = 170 \text{ кН};$$

$$\text{Зусилля в натяжній станції: } P = 2F_2 = 2 \cdot 170 = 340 \text{ кН}.$$

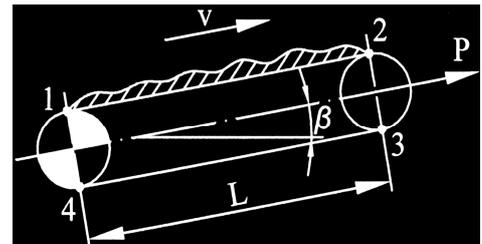
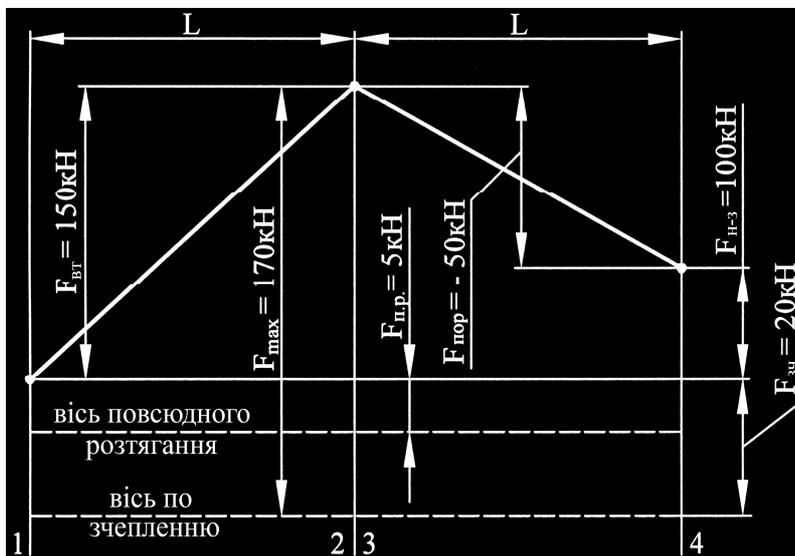


Рис. 9.9 до задачі 9.10, б

Зусилля в натяжній станції P збільшилося з 10 кН до 340 кН, тобто на 330 кН.

9.11. Визначити оптимальне місце розташування натяжної станції стрічкового конвеєра за умовою мінімального зусилля в ній, якщо мінімальний натяг стрічки $F_{п.р.} = 5$ кН, $F_{зч} = 20$ кН, тягове зусилля приводу $F_{н-з} = 70$ кН, сила тяги для переміщення навантаженої гілки $F_{3-4} = 100$ кН. Побудувати діаграму

натягу для двох варіантів розташування приводу: у голові, а потім – у хвості конвеєра.

9.11.

а) Привід угорі.

$$F_{1-2} = F_{н-з} - F_{3-4} = 70 - 100 = -30 \text{ кН};$$

$$F_1 = F_{np} + F_{1-2} = 5 + 30 = 35 \text{ кН};$$

$$F_3 \approx F_2 = F_{н.р.} = 5 \text{ кН};$$

$$F_4 = F_3 + F_{3-4} = 5 + 100 = 105 \text{ кН};$$

$$P = 2F_2 = 2 \cdot 5 = 10 \text{ кН}.$$

б) Привід унизу.

$$F_{1-2} = 100 \text{ кН};$$

$$F_1 = 5 \text{ кН};$$

$$F_3 \approx F_2 = F_{max} = 105 \text{ кН};$$

$$F_4 = 75 \text{ кН};$$

$$F_{н-з} = F_o = 70 \text{ кН};$$

$$P = 2F_2 = 2 \cdot 105 = 210 \text{ кН}.$$

Мінімальне зусилля в натяжній станції такого уклонного конвеєра буде тоді, коли вона розташована внизу конвеєра, а привід – угорі.

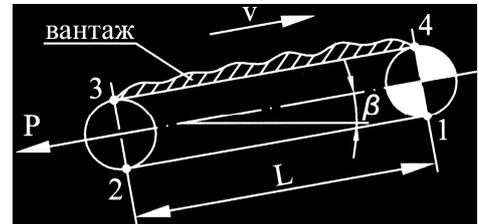
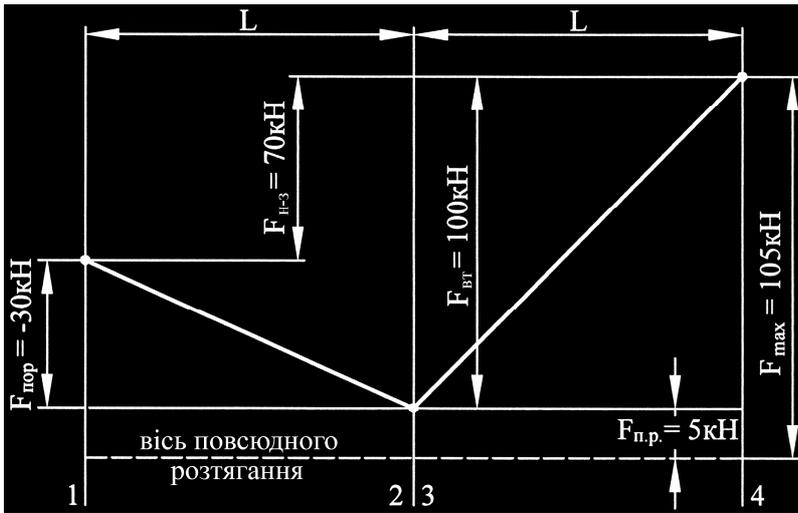


Рис. 9.10 до задачі 9.11, а

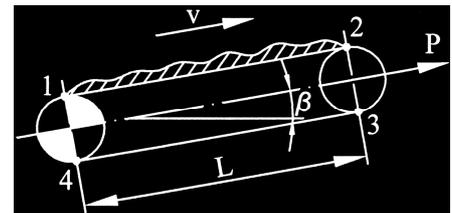
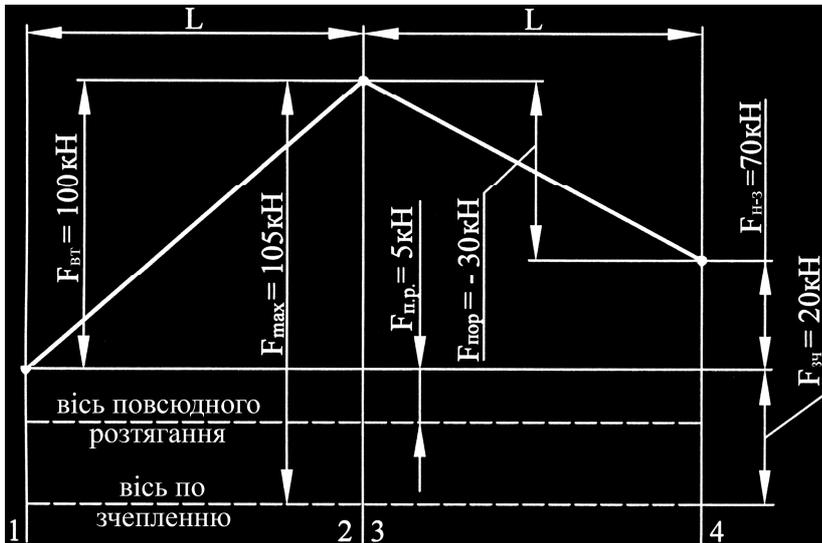


Рис. 9.10 до задачі 9.11, б

9.12. Побудувати діаграми натягів стрічки бремсбергового конвеєра, визначити величини натягів у характерних перерізах стрічки й зусилля в натяжній станції для роботи навантаженої та ненавантаженої гілок з розташуванням приводу вгорі, а потім унизу, якщо відомо: $F_{пор} = 25 \text{ кН}$;

$F_{\text{вм}} = -100$ кН; $e^{f \cdot \alpha} = 2,56$; $F_{\text{н.р.}} = 5$ кН; $F_{\text{вм.х.х.}} = 10$ кН (вантажна гілка без вантажу).

9.13. Побудувати діаграми натягів, визначити натяги в точках 1, 2, 3, 4 бремсбергового конвеєра для випадків роботи навантаженим і ненавантаженим, якщо відомо:

Вар. 1. $F_{\text{нор}} = 20$ кН, $F_{\text{вм}} = -20$ кН, $e^{f \cdot \alpha} = 2,56$, $F_{\text{н.р.}} = 3$ кН, $F_{\text{вм.х.х.}} = 5$ кН.

Вар. 2. $F_{\text{нор}} = 25$ кН, $F_{\text{вм}} = 0$ кН, $e^{f \cdot \alpha} = 2,56$, $F_{\text{н.р.}} = 3$ кН, $F_{\text{вм.х.х.}} = 15$ кН.

9.14. Визначити, у загальному вигляді, аналітичну залежність граничної продуктивності стрічкового конвеєра від його довжини за умовами міцності (допустимого натягу) стрічки, а потім побудувати графіки цієї залежності. Необхідні для рішення цієї задачі величини приймаються самостійно.

9.15. Розрахувати й побудувати графіки зміни граничних довжин стрічкового конвеєра залежно від кутів нахилу (від $-\beta_{\text{max}}$ до $+\beta_{\text{max}}$) при різній продуктивності (графіки застосовності). Необхідні для рішення задачі дані, у т.ч. й кількість варіантів, приймаються самостійно.

9.16. Розрахувати й побудувати графіки граничної прийомної здатності лоткової (трироликів опора з роликів однакової довжини) стрічки від кута нахилу бічних роликів (кут нахилу від 0 до 90°). Проілюструвати залежність на конкретних прикладах.

9.17. Визначити умови, за яких бремсберговий конвеєр буде самодіючим з постійною швидкістю руху стрічки при роботі навантаженим і постійним надходженням вантажу на стрічку.

9.18. Визначити залежність питомих витрат електроенергії приводом стрічкового конвеєра від співвідношення фактичної й розрахункової продуктивності (фактична змінюється від нуля до розрахункової).

9.19. Побудувати діаграму натягів стрічки бремсбергового конвеєра для варіанта установа приводу вгорі, а також визначити величину зусилля в натяжній станції, при роботі конвеєра ненавантаженим і під навантаженням. Сила тяги вантажної гілки під навантаженням $F_{\text{вм}}^{\text{н}} = -100$ кН, а при холостому ході $F_{\text{вм}}^{\text{х}} = -10$ кН, сила тяги порожньої гілки $F_{\text{нор}} = 15$ кН. Мінімальний натяг стрічки в набіжній гілці за умовами зчеплення при роботі під навантаженням $F_{\text{нб.мін}} = 20$ кН, а на завантаженій гілці за умовами обмеження прогину стрічки між роликів опорами $F_{\text{вм.мін}} = F_{\text{нр}} = 5$ кН.

10. Електровозна відкатка

Розрахунок електровозної відкатки здійснюється для одного горизонту або його частини. На однолінійній схемі наводяться наступні вихідні дані: змінна продуктивність навантажувальних пунктів Q_1, Q_2, Q_3, \dots , відстань (довжина) відкатки від кожного навантажувального пункту до кінцевого пункту відкатки L_1, L_2, L_3, \dots , (притовбурного двору, прийомно-відправної площадки), розрахункові значення ухилів рейкового шляху – i_{cp} і керівний ухил i_p . У випадках, коли розрахунок ведеться для готового, а не проектного горизонту або його частини, або є маркшейдерські зйомки профілю рейкових шляхів, на схемі відкатки позначаються пікети, довжини ділянок і величина різних за величиною ухилів.

Ділянка шляху від кінцевого пункту відкатки до навантажувального пункту називається маршрутом. За даними фактичних профілів колії готуються вихідні дані для відкатки по кожному маршруті або по всьому горизонту.

Розрахунок ведеться для одного із двох способів організації відкатки: а) із закріпленням електровозів за кожним навантажувальним пунктом, б) без закріплення, коли керування здійснюється диспетчером. У першому випадку розрахунок ведеться для кожного маршруту окремо, необхідна розрахункова кількість електровозів щораз округляється до цілого більшого, а загальна кількість електровозів дорівнює сумі по маршрутах. У першому випадку кожна розрахункова схема є найпростішою: відомо Q, L і ухили, у другому – будь-яка складна схема відкатки на горизонті зводиться до найпростішої, розрахункової. Остання повинна бути такою, щоб кількість роботи, виконаної електровозами й обмірюваної тонно-кілометрами, була така ж, як і реальна (адекватна по кількості транспортній роботі). Для цього у найпростішій розрахунковій схемі один навантажувальний пункт має продуктивність

$Q_{p.n.} > \sum_1^n Q_i$ і середньозважену (по продуктивності) довжину відкатки

$$L_p = \frac{Q_1 L_1 + Q_2 L_2 + \dots + Q_n L_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}, \text{ км.}$$

При проектуванні, коли реальних ухилів немає, вони призначаються: $i_{cp} = 0,003-0,005$, $i_p = 0,015-0,01$. У випадку наявності маркшейдерської зйомки профілю реальні ухили усереднюються: спочатку на кожному маршруті – середньозважені ухили по довжині ділянок, а потім, у випадку відкатки без закріплення електровозів – уже середньозважений по продуктивності маршрут.

Розрахунок відкатки включає: вибір електровоза й рухомого состава, розрахунок маси поїзда (кількість вагонеток у складі) по зчепленню й перевірка його по гальмуванню й нагріванню, необхідна кількість електровозів, кількість зарядних пристроїв, батарей і столів в акумуляторному гаражі. У випадку застосування контактних електровозів здійснюється вибір перетворювача й розрахунок контактної мережі.

10.1. Визначити ухил рівного опору при локомотивному транспорті, якщо дано: електровоз АРП14, вагонетки ВГ3,3 (маса вагонетки $m_0 = 1,27$ т, вантажопідйомність $m_g = 5,94$ т), кількість вагонеток у складі $z = 20$ шт., питомий опір руху $w = 8$ Н/кН. Який необхідний ухил, якщо кількість вагонеток зменшиться в 2 рази, а потім в 4 рази?

10.1.

Умова рівного опору під час шахтної електровозної відкатки

$$F_{\text{вн}}^{\text{вниз}} = F_{\text{нр}}^{\text{вверх}} \text{ або } m_{\text{вн}} g(w - i_{\text{рв}}) = m_{\text{нр}} g(w + i_{\text{рв}}), \text{ звідки } i_{\text{рв}} = \frac{w(m_{\text{вн}} - m_{\text{нр}})}{(m_{\text{вн}} + m_{\text{нр}})}.$$

Маса навантаженого поїзда $m_{\text{вн}} = m_e + z(m_0 + m_g) = 14 + 20(1,27 + 5,94) = 158,2$ т.

Маса порожнього поїзда $m_{\text{нр}} = m_e + zm_0 = 14 + 20 \cdot 1,27 = 39,4$ т,

тоді: $i_{\text{рв}} = \frac{8(158,2 - 39,4)}{(158,2 + 39,4)} = 4,7 \text{ ‰}.$

Аналогічно, при $z = 10$, $i_{\text{рв}} = 4,2 \text{ ‰}$, а при $z = 5$ – $i_{\text{рв}} = 3,2 \text{ ‰}$; тобто, при рівних інших умовах ухил рівного опору зі зменшенням кількості вагонеток зменшиться. При переміщенні електровозом одного вагона $i_{\text{рв}}$ буде дорівнювати майже нулю.

10.2. Визначити гальмівний шлях поїзда й час гальмування до зупинки якщо його маса $m = 100$ т, швидкість руху $v = 4$ м/с, ухил рейкового шляху $i = 5 \text{ ‰}$, питомий опір руху $w = 7$ Н/кН, передгальмівний час $t_{\text{нз}} = 3$ с, гальмівна сила електровоза $B = 15$ кН. Поїзд рухається нагору.

10.2.

Варіант 1

Під час гальмування поїзд рухається силою інерції. При рівносповільненому русі (сили, що діють на поїзд, залишаються постійними до повної зупинки) рівняння руху за умовою задачі: $F_{\text{ін}} = F_{\text{тп}} + F_{\text{тн}} + B$, де $F_{\text{ін}}$ – сила інерції, $F_{\text{тп}}$ – сила опору тертю, $F_{\text{тн}}$ – сила від поздовжньої складової сили натягу.

Це рівняння руху можна записати таким чином: $ma = mg(w + i) + B$.

Підставимо значення величин: $100a = 100 \cdot 10(7 + 5) + 15$, звідки $a = 0,27$ м/с².

Час гальмування до зупинки: $t = \frac{v}{a} = \frac{4}{0,27} 14,8 \approx 15$ с.

Гальмівний шлях з початку дії гальма: $l = v_{\text{сп}} \cdot t = \frac{v}{2} \cdot t = \frac{4}{2} 15 = 30$ м, а з початку приведення гальма в дію – (за 3 секунди до початку гальмування)

$$l' = l + v \cdot t = 30 + 4 \cdot 3 = 42 \text{ м}.$$

Варіант 2

Скористаємося законом збереження енергії (закон кінетичної енергії):

$$\frac{mv^2}{2} = l[mg(w + i) + B], \text{ звідки гальмівний шлях}$$

$$l = \frac{mv^2}{2[mg(w + i) + B]} = \frac{100 \cdot 4^2}{2[100 \cdot 10(0,007 + 0,005) + 15]} \cong 30 \text{ м}.$$

Час гальмування: $t = \frac{l}{v_{\text{сп}}} = \frac{30}{2} = 15$ с.

Уповільнення: $a = \frac{v}{t} = \frac{4}{15} \cong 0,27$ м/с².

10.3. Визначити максимальний ухил рейкового шляху, по якому нагору може рухатися електровоз без состава з постійною швидкістю, якщо коефіцієнт зчеплення $\psi = 0,12$, питомий опір руху $w = 10$ Н/кН. Як зміниться цей ухил, якщо ψ буде зменшуватися, а w – збільшуватися й навпаки?

10.3.

Рівняння руху електровоза з постійною швидкістю: при повному використанні сили зчеплення його з рейками $F_{\max} = F_{mp} + F_i$, звідки $1000gP_{\zeta\psi} = 1000gP(w + i_{\max})$, де F_{\max} , F_{mp} , F_i – відповідно сила зчеплення, сила опору тертю, сила ухилу шляху, Н, P – маса електровоза, т.

Після зміни рівняння руху при $P_{\zeta\psi} = P$ маємо:

$$i_{\max} = \psi - w = 0,12 - 0,1 = 0,11 = 110\%.$$

Видно, що при зменшенні ψ й збільшенні w максимальний ухил, при якому електровоз буде рухатися нагору на підйом з постійною швидкістю, буде зменшуватися й навпаки.

10.4. Визначити максимальний ухил рейкового шляху по зчепленню при русі нагору на ухил поїзда з навантаженими вагонетками ВГ2,5 з постійною швидкістю, якщо електровоз АРП10, кількість вагонеток $z = 20$ шт., маса вагонетки $m_0 = 1,14$ т, вантажопідйомність $m = 2,5$ т, коефіцієнт зчеплення $\psi = 0,12$, питомий опір руху $w = 8$ Н/кН.

10.4.

При русі нагору на ухил з постійною швидкістю рівняння руху: $F_{\max} = F_{mp} + F_i$, або $1000gP_{\zeta\psi} = 1000gP_n(w + i_{\max})$, звідки $i_{\max} = \frac{P_{\psi} - P_n w}{P_n}$, де $P_{\zeta\psi}$ й P_n – маса електровоза й усього поїзда відповідно, т.

$$P_n = P_e + z(m_0 + m) = 10 + 20(1,14 + 2,5) = 82,8 \text{ т};$$

$$i_{\max} = \frac{10 \cdot 0,12 - 82,8 \cdot 0,008}{82,8} = \frac{1,2 - 0,66}{82,8} = 0,0065 = 6,5\%.$$

10.5. Визначити максимальний ухил рейкового шляху при рушанні нагору на ухил електровоза АРП10 із составом навантажених вагонеток ВГ2,5 кількістю $z = 20$ шт., маса вагонетки $m_0 = 1,14$ т, вантажопідйомність $m = 2,5$ т, коефіцієнт зчеплення $\psi = 0,12$, питомий опір руху $w = 8$ Н/кН, прискорення рушання $a_{руш} = 0,05$ м/с².

10.5.

Рівняння руху при рушанні: $F_{\max} = F_{mp} + F_i + F_a$, або $1000gP_{\zeta\psi} = 1000gP_n(w + i_{\max} + 110a_{до})$.

Аналогічно задачі **10.4** маємо:

$$i_{\max} = \frac{P_{\psi} - P_n(w + 110a)}{P_n} = \frac{10 \cdot 0,12 - 82,8(0,008 + 0,0055)}{82,8} \approx 0,001 \approx 1\%.$$

З рішення видно, що при такому значенні ψ для заданого електровоза рушання із прискоренням $0,05$ м/с² можливе тільки при ухилі не більше чим 1%, тобто при майже горизонтальному шляху.

10.6. Визначити максимальну кількість вагонеток ВГ2,5 (маса вагонетки $m_0 = 1,14$ т, вантажопідйомність $m = 2,5$ т), у складі при русі поїзда з навантаженими вагонетками нагору на ухил $i = 0,020$, електровоз АРП10, коефіцієнт зчеплення колеса з рейками $\psi = 0,12$, питомий опір руху $w = 8$ Н/кН, прискорення $a = 0,05$ м/с².

10.6.

На переміщення тільки електровоза необхідно

$$F_{\dot{a}} = 1000 g P_{\dot{a}} (w + i + 0,11a) = 1000 \cdot 10 \cdot 10 (0,008 + 0,020 + 0,11 \cdot 0,05) = 3350 \text{ Н,}$$

а одного вагона:

$$F_{\dot{a}\dot{a}} = 1000 g P_{\dot{a}\dot{a}} (w + i + 0,11a) = 1000 \cdot 10 \cdot 3,64 (0,008 + 0,020 + 0,11 \cdot 0,05) \approx 1220 \text{ Н.}$$

Максимальна сила тяги на ободі колеса електровоза:

$$F_{\text{max.зч}} = 1000 g P_e \psi = 1000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,12 = 12000 \text{ Н.}$$

На переміщення Z вагонеток залишається сила $F = F_{\text{max.зч}} - F_e = 12000 - 3350 = 8650$ Н,

звідки $Z = \frac{F}{F_{\text{ваг}}} = \frac{8650}{1220} = 7$ вагонів.

10.7. Визначити силу тяги поїзда, що рухається нагору на ухил $i = 0,004$ з постійною швидкістю. Поїзд складається з електровоза К10 і 15 шт. порожніх вагонеток ВГ2,5 (маса вагонетки $m_0 = 1,14$ т), питомий опір руху $w = 11$ Н/кН. Який запас сили тяги по зчепленню колеса з рейками має цей електровоз при $\psi = 0,1$ і скільки в цьому випадку порожніх вагонеток він зміг би тягти з постійною швидкістю?

10.8. Визначити максимальну масу состава поїзда з умови гальмування, якщо дано: масу локомотива – m_l , коефіцієнт зчеплення – ψ , питомий опір руху – w , нахил шляху – i , швидкість руху – v , гальмівний шлях – L , поїзд рухається нагору на підйом.

10.9. Визначити максимальну силу тяги на ободі колеса локомотива (дотичну силу тяги локомотива) з умови зчеплення коліс із рейками, якщо дано: масу локомотива – P , кН; кількість осей – n ; кількість ведучих осей – n_g ; коефіцієнт зчеплення колеса з рейками – ψ . Дати визначення поняттю коефіцієнт зчеплення ψ .

10.10. Визначити гальмівну силу магнітними гальмами, якщо дано: сумарну силу підмагнічування полозів гальм до рейок – ΣK , коефіцієнт тертя полозів об рейки – f . Як залежить гальмівна сила від ваги локомотива?

10.11. Визначити допустиму швидкість руху поїзда масою 90 т за умови гальмування, якщо дано: гальмівний шлях – $L = 40$ м; передгальмівний час – $t_{нг} = 2$ с, ухил $i = 5\%$, сила гальмування $B_z = 1,5$ кН, питомий опір руху $w = 8$ Н/кН. Поїзд рухається нагору.

10.12. Визначити необхідну силу тяги електровоза АРП14 при рушанні навантаженого состава нагору на ухил, вагонетки типу ВГ2,5 (маса вагонетки $m_0 = 1,14$ т, вантажопідйомність $m_{em} = 2,75$ т), кількість вагонеток $z = 20$ шт., питомий опір руху $w_{em} = 9$ Н/кН, ухил шляху $i = 0,003$, прискорення рушання $a_{ру} = 0,04$ м/с².

10.13. Визначити гальмівний шлях поїзда, якщо вага локомотива – P , Н; вага состава – G , Н; гальмівна сила – B , Н; швидкість руху – v , м/с; ухил шляху – i , ‰; питомий опір руху – w Н/кН; передгальмівний час – t_{nz} , с; поїзд рухається вниз.

10.14. Визначити умови реалізації максимальної гальмівної сили колодковими гальмами, якщо дано: силу тиску всіх гальмівних колодок – K , коефіцієнт тертя між бандажем і колодкою – φ , гальмівна вага локомотива – P_T , коефіцієнт зчеплення – ψ . Колодки накладаються на обід колеса.

10.15. Визначити максимальний ухил шляху при рушанні й при русі з постійною швидкістю електровоза із составом нагору на підйом, якщо дано: маса локомотива – m_L , маса состава – m_c , коефіцієнт зчеплення – ψ , питомий опір руху – w , прискорення руху – a .

10.16. Визначити максимальну кількість навантажених вагонеток у составі при русі з постійною швидкістю поїзда нагору на ухил, якщо дано: маса локомотива – m_L , маса вагонетки – m_0 , вантажопідйомність вагонетки – m , ухил шляху – i , коефіцієнт зчеплення колеса з рейками – ψ , питомий опір руху – w .

10.17. Визначити уповільнення поїзда вагою – $(P+G)$, кН при його гальмуванні, що здійснюється локомотивом. Вага локомотива P , кН; (всі осі гальмівні), коефіцієнт зчеплення – ψ ; питомий опір руху – w ; ухил шляху – i , ‰; поїзд рухається вниз під ухил.

10.18. Визначити максимальне значення дотичної сили тяги однієї ведучої осі, якщо дано: радіус колеса – R , м; вагове навантаження на вісь – P , Н; середній момент двигуна, прикладений до осі – M , Нм; коефіцієнт тертя колеса на рейці – f .

10.19. Визначити максимальне значення дотичної сили тяги електровоза, якщо дано: вага машини в цілому – P , Н; вага на першу й другу осі – P_1 і P_2 , Н; моменти на першій і другій осях – M_1 і M_2 , Нм, коефіцієнт зчеплення коліс із рейками – ψ , радіус колеса – R .

10.20. Визначити максимальну дотичну силу гальмування – B , Н двигуном однієї осі й локомотива в цілому, якщо дано: вага зчеплення машини $P_{зч}$, Н; коефіцієнт зчеплення – ψ ; радіус колеса – R , м; гальмівний момент на колесі – M_c .

10.21. Визначити гальмівний шлях поїзда, якщо вага локомотива – P , Н; вага составу – G , Н; швидкість руху в момент початку гальмування – v , м/с; ухил шляху – i , ‰; питомий опір руху – w , Н/м; гальмівна сила – B .

10.22. Визначити умови, за яких відсутнє буксування – ковзання коліс по рейках, якщо дано: момент двигуна – M_d , Нм; радіус колеса – R , м; передаточне число механічної передачі – i ; зчїпна вага локомотива – $P_{зч}$, кН; коефіцієнт зчеплення електровоза – ψ .

10.23. Поясніть, що таке коефіцієнт зчеплення колеса з рейками, як він визначається, які способи його підвищення існують? Який з коефіцієнтів зчеплення – колеса ψ_k або локомотива ψ_l буде більше в однакових умовах і чому?

10.24. Визначити середньозважену довжину для розрахунку електровозної відкатки на горизонті, де розміщені 4 навантажувальних пункти: $Q_1 = 380$ т/зм, $Q_2 = 300$ т/зм, $Q_3 = 400$ т/зм, $Q_4 = 250$ т/зм, $L_1 = 3$ км, $L_2 = 1,5$ км, $L_3 = 2$ км, $L_4 = 4$ км.

Визначити розрахункові ухили по кожному маршруті, а потім за розрахунковою схемою при застосуванні відкатки без закріплення за електровозами, якщо задані:

Маршрут $L_1 = 3$ км		Маршрут $L_2 = 1,5$ км		Маршрут $L_3 = 2$ км		Маршрут $L_4 = 4$ км	
Довжина ділянки l , м	Ухили i , ‰	Довжина ділянки l , м	Ухили i , ‰	Довжина ділянки l , м	Ухили i , ‰	Довжина ділянки l , м	Ухили i , ‰
400	10	100	2	500	10	300	6
500	2	300	10	200	9	500	7
100	3	200	50	300	8	800	8
800	5	400	3	400	2	1000	10
900	8	300	7	200	3	900	5
300	6	200	5	400	5	500	3

11. Канатна відкатка

Включає відкатку кінцевими й нескінченними канатами по похилих і горизонтальних виробках, а також підвісні канатні, монорейкові й надгрунтові дороги. На вугільних шахтах знаходять широке застосування кінцеві відкатки по похилих виробках (ухил, бремсберг, відкатки у вагонетках і скіпах, перевезення людей, допоміжний транспорт). Відкатки нескінченним канатом на шахтах перспектив не мають через травматизм, невелику продуктивність та ін.

Тут розглядаються задачі відкатки кінцевими канатами по похилих виробках, ухил яких більше самокатного.

11.1. Накреслити у двох проекціях схеми (ескізи) відкатки одним кінцевим канатом з похилими й горизонтальними заїздами, схеми рейкових шляхів верхніх і нижніх прийомно-відправних площадок, перелік і місце установа маневрового обладнання на них, а також порядок виконання робіт за один цикл.

11.2. Те ж, що й в **11.1**, але для двокінцевої відкатки з однією двобарабанною лебідкою у верхній частині похилої виробки.

11.3. Скласти алгоритм розрахунку канатної відкатки одним кінцевим канатом: що повинне бути задане, що приймається самостійно й що треба розрахувати й вибрати по каталогах (паспортах) обладнання.

11.4. Експлуатаційна змінна продуктивність однокінцевої канатної відкатки на ухилі дорівнює $Q_e = 200$ т/зм. Шестигодинна зміна, $k_p = 0,7$, довжина відкатки $L = 1000$ м, час пауз за цикл – 250 с, кількість двотонних вагонеток у складі – 4. Яка повинна бути мінімальна швидкість руху склада для забезпечення цієї продуктивності, вважаючи, що $v_p = v_x$ і коефіцієнт зменшення швидкості $k_{ш} = 0,9$?

11.5. Визначити необхідну кількість двотонних вагонеток у складі для забезпечення змінної експлуатаційної продуктивності $Q_e = 250$ т/зм двокінцевою відкаткою по ухилі $L = 500$ м, якщо $v_p = 5$ м/с, а $\Theta = 200$ с.

11.6. Визначити допустиму кількість тритонних вагонеток по міцності зчеплення ($F_{зч.дон} = 60000$ Н) для відкатки по ухилі (bremсbergу) під кутом 15° , вважаючи, що $w = 0,01$, прийомно-відправні площадки з горизонтальними заїздами ($\beta_{max} = \beta + 8^\circ$).

11.7. Розрахувати й вибрати канат для кінцевої відкатки по ухилі (з горизонтальними заїздами) під кутом $\beta = 20^\circ$, якщо $w_k = 0,3$, $w = 0,01$, $z = 3$ шт. Маса однієї навантаженої вагонетки $m_{em} = 4$ т, довжина відкатки $L = 300$ м.

11.8. Розрахувати й вибрати канат для перевезення людей по ухилі однокінцевою відкаткою (з горизонтальними заїздами), якщо $w = 0,008$, $z = 3$ шт., $\beta = 15^\circ$, колія 900 мм, довжина відкатки $L = 350$ м, коефіцієнт опору руху каната $w_k = 0,4$.

11.9. Визначити для всіх періодів циклу зміни тягового зусилля на барабані однокінцевої канатної відкатки по ухилі, побудувати графік навантаження в координатах $(F_o - t)$ і визначити розрахункову потужність двигуна, якщо відомо: довжина ухилу $L = 700$ м, $\beta = 20^\circ$, маса навантаженого состава 10 т, порожнього – 4 т, лінійна маса каната $\rho_k = 4$ кг/м, $w = 0,01$, $w_k = 0,2$, заїзди похилі. Приймавши розрахункову потужність за номінальну, визначити розрахункове значення коефіцієнта перевантаження двигуна $\lambda_{розр.}$ по максимальному тяговому зусиллю.

11.10. За умовами задачі **11.9** вирішити задачу для відкатки двома кінцевими канатами.

11.11. Визначити граничну довжину канатної відкатки по ухилі, якщо відомо: $\beta = 6^\circ$, маса навантаженого состава $m_{вт} = 25$ т, порожнього – $m_{пор} = 7$ т, лінійна маса каната $\rho_k = 3$ кг/м, $w = 0,01$, $w_k = 0,2$. Визначити те ж для відкатки по бремсбергу.

11.12. На яку граничну довжину може бути здійснена відкатка по ухилі при $\beta = 8^\circ$, $\rho_k = 3$ кг/м, $w_k = 0,5$, $w = 0,01$, вага навантаженої вагонетки 40 кН, порожньої – 12 кН, $z = 8$ шт.? Мінімальне зусилля, що розтягує канат по виробці, $F_{min} = 2$ кН.

11.13. Перевірити можливість здійснення однокінцевої відкатки по ухилі, якщо $\beta = 7^\circ$, $L = 1000$ м, $\rho_e = 3$ кг/м, маса завантаженого поїзда 20 т, порожнього 7 т, $w = 0,008$, $w_k = 0,1$.

11.14. Умови задачі **11.13**, відкатка здійснюється по бремсбергу.

11.15. Які вихідні дані повинні бути відомі (задані) і які параметри потрібно визначити розрахунком для попереднього (розрахунок для канатної відкатки) вибору лебідки?

12. Планування рейкових колій

12.1. Загальні відомості

Поняття “планування” включає розрахунок розмірів осі рейкової колії в плані й креслення за результатами розрахунків її в масштабі.

Будь-яка схема шахтних рейкових колій у плані являє собою комбінацію прямолінійних ділянок колій і вузлів їх сполучень (з'єднань). Вузли сполучення, у свою чергу, є комбінацією закруглень і стрілкових переводів. Довжини прямолінійних ділянок визначаються (задаються) по технологічних розуміннях (необхідність розміщення заданої кількості вагонеток, составів і т.п.) або гірничотехнічних умовах. Нижче наведені рішення задач розрахунку найпоширеніших з'єднань колій у шахтах. При розрахунку лінійні розміри округляються до 10 мм, а кутові – до хвилини. З наведених нижче прикладів зрозумілий метод їх виконання, останній застосовується й при розрахунку з'єднань іншого вигляду.

При плануванні вузлів сполучення шахтних рейкових колій намагаються виходити із загальних вимог: всі розміри повинні бути по можливості (у межах допустимих норм) меншими. Останнє продиктовано економічними розуміннями: чим більше за розмірами вузол, двір та інше, тим дорожче його проведення, устаткування, підтримка.

Будь-яке планування виконується для відомого рухомого состава, тому заздалегідь потрібно знати його тип і необхідні для планування параметри: ширину рейкової колії S_p , мм, найбільшу жорстку базу S_0 , мм, найбільшу довжину L , мм і ширину B , мм екіпажа, швидкість його руху v , м/с (див. рис. у додатку).

Вимога мінімальних розмірів проектного вузла сполучення буде виконана, якщо радіус закруглення прийнятий близьким (з округленням до 1 м) до мінімально допустимого значення $R_{\min} = (7 - 10) S_0$, де більше значення – при швидкості руху понад 1,5 м/с.

Оскільки стрілковий перевід містить криволінійну (кругову) ділянку шляху, то його вибір здійснюється з довідкових матеріалів по тому ж мінімально припустимому радіусі, що й для криволінійних ділянок. Чим більше радіус стрілкової кривої перевищує мінімальний, тим краще перевід за умовою проходження екіпажів (менше опір і більше допустима швидкість руху) але тим він дорожче, а вузол сполучення (виробки) більше за розмірами, що ускладнює його кріплення й підтримку.

При плануванні необхідно враховувати, що:

– на прямолінійній ділянці розмір колії стандартний (з допусками S_p^{+4})
 $S_p = 900$ або 600 мм, а головки рейок знаходяться на однаковому рівні (у горизонтальній площині);

– на криволінійних ділянках колія розширюється за рахунок зсуву внутрішньої рейки до центра кривої на величину ΔS_p , а зовнішня рейка, як правило, перевищується над внутрішньою на Δh ;

– перевищення й розширення виконується на прямолінійній ділянці при підході до кривої. Для цього перед кривою залишається у всіх випадках прямолінійна ділянка d – відвід перевищення (або розширення). Мінімальну величину d при плануванні кругового закруглення (повороту шляху на кут α) можна вважати однаковою: для перевищення й розширення розраховують Δh , що для шахтних рейкових шляхів звичайно не перевищує 45 мм. Приймають $d_{\min} = (100 \div 300)\Delta h$. Звичайно Δh приймають із наявних відрізків рейок, довжина яких не менше d_{\min} ;

– у стрілковому переводі рейки покладені без перевищення, з потрібним розширенням, тому перевід з переводом можна з'єднати через відвід d (див. рис. 12.2);

– криві різного напрямку з'єднуються відводом $d'_{\min} = 2d + S_0$;

– розрахунки виконуються на підставі рисунків, накреслених без масштабу вручну. При кресленні в масштабі правильність розрахунків перевіряється. У випадку розбіжності розрахованих і накреслених розмірів визначається й усувається помилка;

– двоколієне закруглення в одній виробці виконується з розширенням міжколій $\Delta \tau$ не менше 300 мм на відміну від τ на прямій ділянці, при цьому зовнішня колія зміщається відповідно на підході до кривої через поворот прямих рейок на $1, 5-2^\circ$.

На відміну від колій на поверхні, де входження в кругову криву виконується по спіралі (перехідна крива) з радіусом, що змінюється від $R = \infty$ до $R = R_{\text{пост}}$, підземні рейкові колії мають тільки кругову криву $R_{\text{пост}}$.

12.2 Закруглення (поворот колії)

Поворот колії в шахтах провадиться через скривлення її за допомогою кругової кривої. Швидкість руху екіпажів тут порівняно невелика й при достатньому радіусі кривої кут удару (кут набігання реборди гребеня) колеса на рейку ($2-3^\circ$) не призводить до сходу з рейки й досить інтенсивному зносу.

При розрахунках планування оперувати кривою незручно, тому закруглення (рис. 12.1, а) заміняють комбінацією прямих ліній: або двома радіусами (рис. 12.1, б), або двома “тангенсами” (рис. 12.1, в). Тангенс – відрізок дотичної від початку кривій ПК до вершини кута ВК, тобто до точки перетинання дотичних

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (12.1)$$

Якщо є перехідні криві, то перехідну криву (рис. 12.1, г) роблять так, що на початку її ППК обидві рейки перебувають на однаковому рівні, розширення колії дорівнює нулю й радіус кривизни колії дорівнює нескінченності.

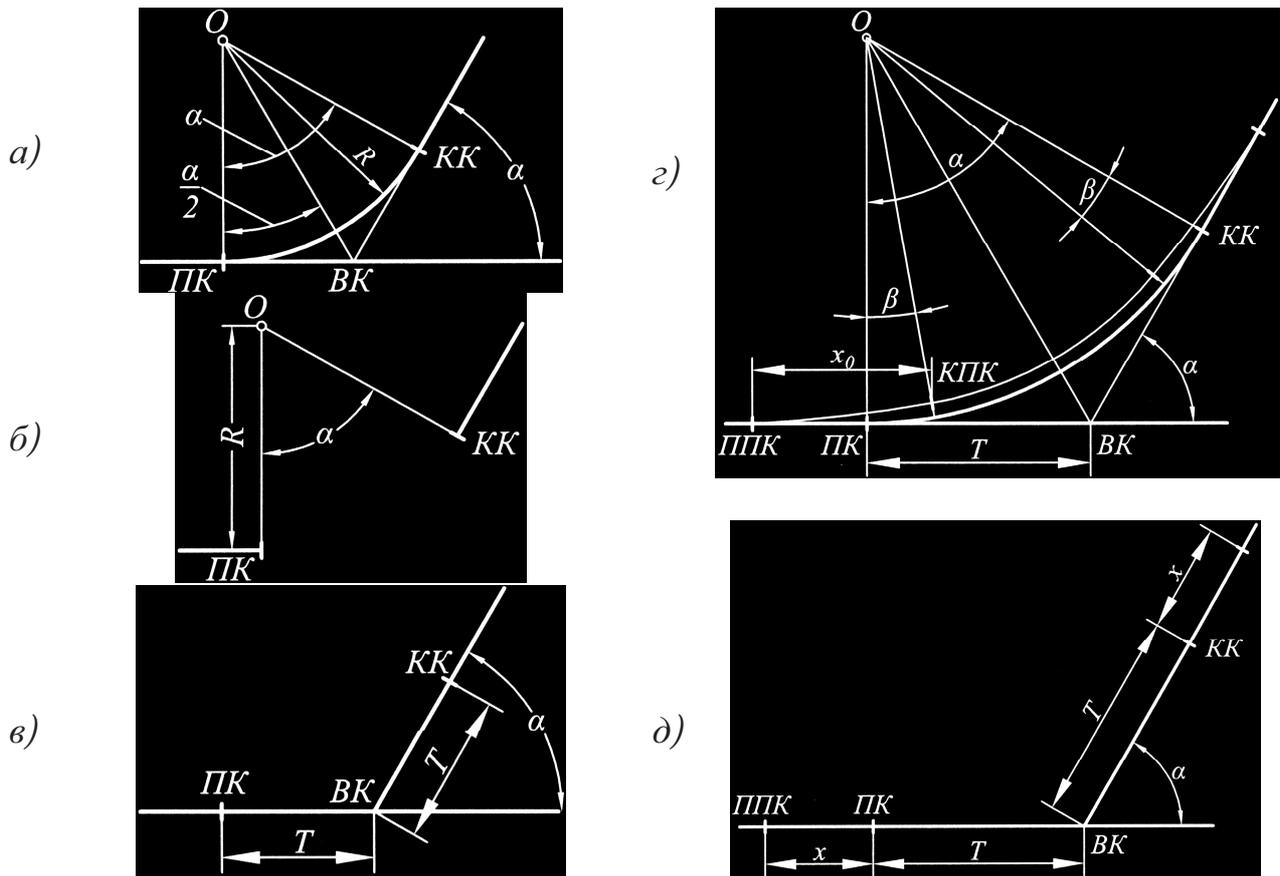


Рис. 12.1. Планування закруглення

Протягом перехідної кривої поступово змінюються радіус кривизни, підвищення рейки й розширення колії так, що до кінця перехідної кривої КПК ці параметри стають рівними параметрам кругової кривої, що йде далі. У порівнянні із кривою звичайного типу (тонка лінія на рис. 12.1, г) основна крива зрушується трохи всередину, а початок скривлення колій зміщується від початку звичайної кривої ПК на величину x . Порядок розрахунку наступний. За заданим R знаходять підвищення зовнішньої рейки й розширення колії, визначають довжину відводів як підвищення, так і розширення, приймають із них більше значення, що дає довжину перехідної кривої x_0 . За x_0 і R у спеціальних довідниках, названих “Таблиці перехідних кривих”, знаходять x і всі інші розміри, необхідні для розбивки перехідної кривої на місцевості. Для розрахунків планування закруглення з перехідними кривими заміняється на звичайне закруглення (рис. 12.1, д), що має відвід, рівний x .

12.3 Сполучення стрілкових переводів між собою та з кривими

При суміжному укладанні стрілкових переводів (рис. 12.2, а, б, в) довжина прямої вставки d між переводами залежить від конструкції переводів і розмірів рухомого состава. Для шахт $d = 0$; для кар’єрів не менше довжини стандартної рейки. У межах стрілкового переводу неможливо здійснювати підвищення якої-небудь рейки або змінювати ширину колії, оскільки всі елементи переводу конструктивно пов’язані.

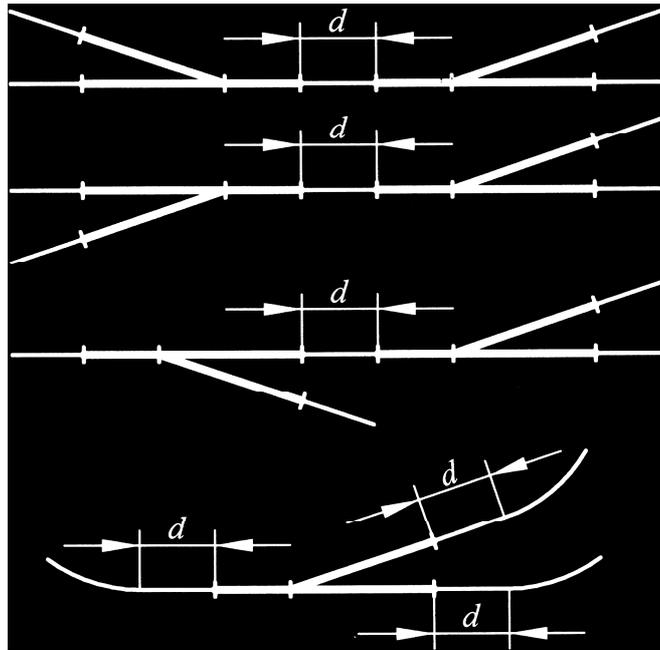


Рис. 12.2. Схеми укладання стрілкових переходів

Якщо на кривій, пов'язаній зі стрілковим переходом, роблять підвищення рейки або розширення колії, то між переходом і закругленням доводиться мати пряму вставку d (рис. 12.2, г), рівну відводу підвищення або розширення. Якщо ні підвищення рейки, ні розширення колії на кривій немає, то довжину вставки приймають по конструктивних розуміннях – не менше половини довжини накладки (яка не вигинається) або не менше прямого куска рейки на кінці, що виходить при вигині рейки пресом, тобто приблизно половина бази преса. По цих міркуваннях звичайно для шахт $d = 200 \div 500$ мм, для кар'єрів $d = 2000$ мм.

12.4 Звичайне примикання (відгалуження) колії

Дано (рис. 12.3, а): a , b , α_1 – розміри переходу; α – кут примикання; R – радіус кривої. Потрібно визначити розміри з'єднання. Порядок розрахунку з'єднань такого типу такий.

1. Заміняють криву тангенсами CD і DE .

2. Визначають кути між усіма осьовими лініями. Кути α й α_1 задані за умовою задачі. Кут α_2 знаходять зі співвідношення

$$\alpha_2 = \alpha - \alpha_1.$$

3. Визначають довжину тангенсів з виразу (12.1)

$$T = CD = DE = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}.$$

4. Визначають довжину прямих вставок між кривими й стрілковими переходами (див. рис. 12.2, г). У цьому випадку є одна вставка

$$BC = d.$$

5. Знаходять розміри з'єднання шляхом рішення трикутників. У трикутнику AOD відома сторона AD і всі кути.

$$AD = b + d + T.$$

За теоремою синусів

$$AO = \frac{AD \sin \alpha_2}{\sin \alpha}.$$

Якщо задано тільки жорстку базу S_6 рухомого состава й кут α , спочатку знаходять $R_{\min} = (7 \div 10)S_6$, потім за R_{\min} вибирають перевід і з його характеристики знаходять a, b, α . Далі розрахунок виконується в тім же порядку.

12.5 Кінцеве з'єднання з вигином однієї колії

З'єднання слугує для переходу від двоколійного шляху до одноколійного за допомогою одностороннього переводу. Дано (рис. 12.3, б): S – міжосьова відстань; a, b, α – розміри переводу; R – радіус кривої. Потрібно встановити можливість з'єднання й визначити його розміри.

За аналогією з попередньою задачею заміняємо закруглення тангенсами, рівними

$$T = CD = DE = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

з $\triangle ADF$

$$AD = \frac{S}{\sin \alpha}.$$

Прямолінійна вставка між стрілковим переводом і закругленням

$$d = AD - (b + T)a.$$

З'єднання можливе, якщо отримане d більше або дорівнює мінімально допустимому значенню з рисунка 12.2. Якщо з'єднання можливо, то знаходимо розміри

$$AF = \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha};$$

$$l = a + AF + T.$$

Якщо з'єднання неможливо, приймають інший стрілковий перевід з меншим α і розрахунок повторюють.

12.6. Стрілковий трикутник

Дано (рис. 12.3, в): α – кут примикання бокової колії; розміри стрілкових переводів; R – радіус кривої. Потрібно визначити розміри з'єднання.

Загальний порядок аналогічний розрахунку примикання (рис. 12.3, а). Кути між осьовими лініями $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – задані. Інші кути

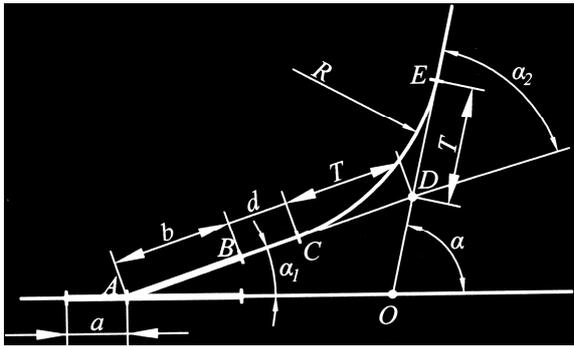
$$\alpha_5 = 180^\circ - (\alpha + \alpha_2);$$

$$\alpha_6 = \alpha_5 - \alpha_1;$$

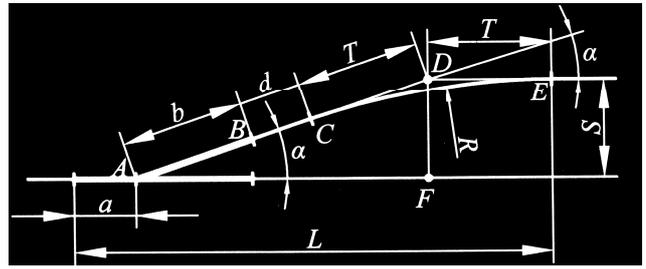
$$\alpha_7 = \alpha - \alpha_3;$$

$$\alpha_8 = \alpha_7 - \alpha_4.$$

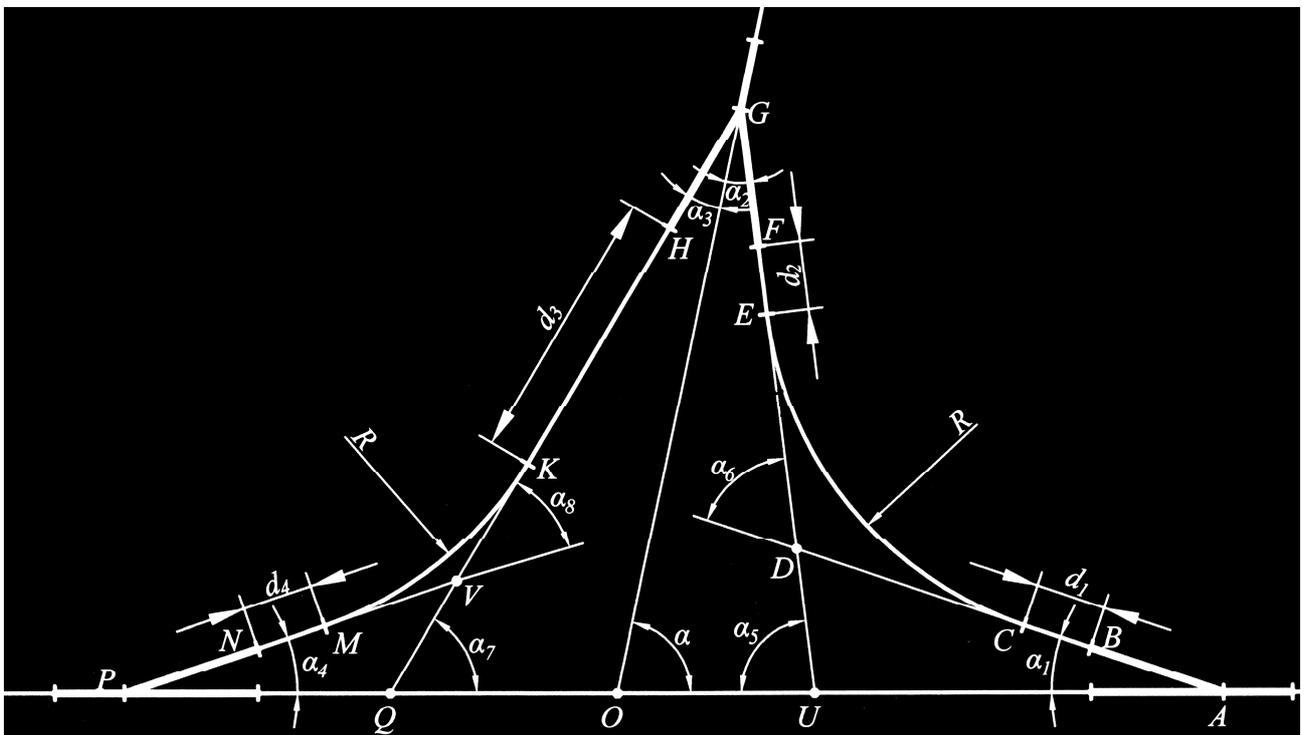
В окремому випадку може бути $\alpha_3 = 0$, коли вгорі встановлений не симетричний, а однобічний перевід.



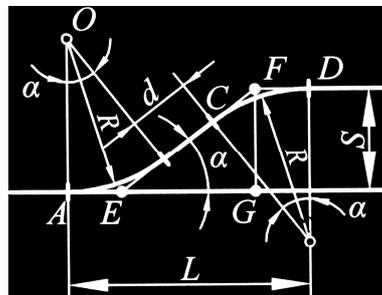
а)



б)



в)



г)

Рис. 12.3. Типове з'єднання одноколієних шляхів: а – звичайне примикання; б – кінцеве з'єднання з вигином одного шляху; в – стрілковий трикутник; г – паралельне з'єднання шляху

Спочатку знайдемо розміри з'єднання праворуч або ліворуч від лінії GO . Допустимо, що ми починаємо розрахунок з визначення розмірів правої частини трикутника. Знайдемо розміри з'єднання $ABCDE$ як для звичайного примикання (рис. 12.3, а). Приймавши вставку d_2 (EF) рівною мінімально допустимій (див. рис. 12.2, з), знайдемо довжину сторін UG (див. рис. 12.3, в)

$$UG = UD + DE + EF + FG,$$

де UD і DE отримані при розрахунку звичайного примикання $ABCDE$; EF – довжина мінімально допустимої вставки d_2 ; FG – розмір b для верхнього перевodu.

Маючи в $\triangle OUG$ сторону UG і всі кути, знайдемо сторони OU і OG . Розмір OG отриманий нами з умови найбільш компактного планування правої частини трикутника (праворуч від лінії OG) і є тепер заданою величиною для розрахунку планування лівої частини. З $\triangle OQG$, у якому відома сторона OG і всі кути, визначаємо OQ і QG . Розміри з'єднання $PNMVK$ знайдемо як для звичайного примикання. Пряма вставка

$$d_3 = QG - (QV + VK + HG),$$

де QV і VK отримані при розрахунку примикання $PNMVK$; HG – розмір b для верхнього перевodu. Якщо d_3 більше мінімально допустимого, то розрахунок закінчений; якщо ні, то доведеться зробити весь розрахунок заново, починаючи його не праворуч від лінії OG , а ліворуч.

12.7 Паралельний зсув колії

Дано (рис. 12.3, з): S – зсув колії; R – радіус кривої. Потрібно визначити розміри з'єднання з розрахунку мінімальної довжини l . На відміну від розглянутих вище задач тут кут β невідомий. Такі задачі зручніше вирішувати заміняючи криві радіусами й проектуючи контур колії на вертикаль або горизонталь.

Приймаємо мінімально допустиме d . Якщо закруглення роблять із підвищенням зовнішньої рейки, то в протилежних кривих підніматися будуть різні рейки й екіпаж повинен повністю зійти з одного відводу підвищення, розміститися на рівній ділянці довжиною у жорстку базу й потім переходити на відвід підвищення зворотного напрямку, тому

$$d_{\min} = S_0 - 2x.$$

При відсутності підвищення рейок $d_{\min} = S_0$, на кар'єрних шляхах при цьому приймають звичайно $d = 20$ м. Спроектуємо контур на вертикаль, вважаючи позитивним напрямком нагору,

$$R - R \cos \beta + d \sin \beta - R \cos \beta + R = S,$$

звідки

$$2R \cos \beta - d \sin \beta = W,$$

де $W = 2R - S$.

Поділивши це рівняння на d і ввівши допоміжний кут

$$\delta = \arctg \frac{2R}{d},$$

одержимо

$$\sin \delta \cos \beta - \sin \beta \cos \delta = \frac{W}{d} \cos \delta,$$

звідки треба

$$\sin(\delta - \beta) = \frac{W}{d} \cos \delta,$$

що дозволяє знайти кут

$$\beta = \delta - \arcsin\left(\frac{W}{d} \cos \delta\right).$$

Установивши β , знаходимо всі розміри з'єднання

$$\begin{aligned} AE = BE = CF = FD = T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}; \\ EG = EF \cos \beta = (2T + d) \cos \beta; l = 2T + EG. \end{aligned}$$

12.8 Розширення смуги, зайнятої габаритами кривої

При розташуванні екіпажа на кривій габаритна смуга збільшується назовні за рахунок вильоту Δ_1 й усередину за рахунок вильоту Δ_2 (рис. 12.4, а); Δ_1 і Δ_2 можна визначити розрахунком або графічно. В останньому випадку екіпаж замінюється відрізком осьової лінії ABCD, що точками B і C, які відповідають осям екіпажа, установлюється на вісь колії (рис. 12.4, б). Відстані від осі колії до точок A і D дають виліт ("винос") габариту Δ_1 назовні кривої, а максимальна відстань від відрізка BP до осі колії дає виліт габариту Δ_2 усередину колії. При аналітичному визначенні вильотів можна одержати

$$\Delta_1 = \frac{L^2 - S_6^2}{8R}; \quad (12.2)$$

$$\Delta_2 = \frac{S_6^2}{8R}, \quad (12.3)$$

де L – довжина кузова (відстань між точками A і D); S_6 – база екіпажа (відстань між точками B і C).

Для чотиривісних (візкових) екіпажів під S_6 розуміється відстань між центрами повороту візків (між шворнями). Виліт Δ_1 звичайно значний (до 300-500 мм), а виліт Δ_2 малий (30-50 мм). При плануванні колій Δ_1 і Δ_2 варто брати за нормативами, що наводяться в довідниках. Формулами (12.2), (12.3) варто користуватися тільки у випадках, не передбачених нормами.

12.9 Двоколійне закруглення

При плануванні двоколійного закруглення потрібно враховувати вильоти габаритів. Дано (рис. 12.4, в): R_1 – мінімальний радіус кривої; S – міжосьова відстань на прямолінійній ділянці; Δ_1 і Δ_2 – вильоти габаритів назовні й усередину на кривій радіуса R_1 . Визначити розміри закруглення.

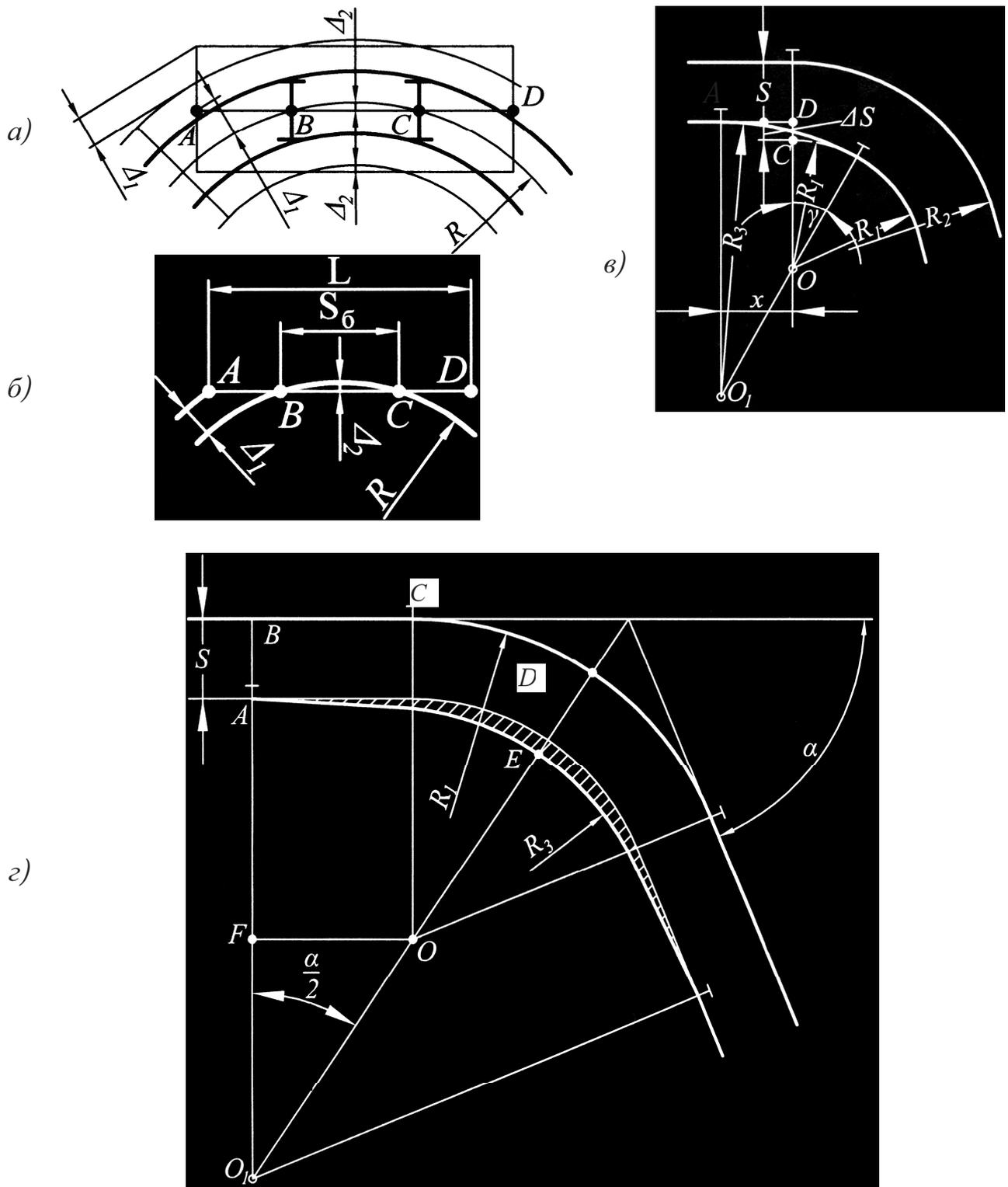


Рис. 12.4. Розширення габаритів на кривих і планування двоколієного закруглення: а – екіпаж на закругленні; б – еквівалентна осьова схема екіпажа на закругленні; в – двоколієне закруглення при малому куті повороту; г – двоколієне закруглення звичайного вигляду

Радіус зовнішньої кривої

$$R_2 = R_1 + S + \Delta S,$$

де $\Delta S = \Delta_1 + \Delta_2$ – розширення міжосьової відстані на кривій. У довідниках є готові нормативи ΔS , якими й слід користуватися. Перехід від розширеного

до нормального S роблять кривою збільшеного радіуса R_3 . У точці A неминуче з'являється виліт Δ_3 назовні кривої, на величину якого зменшується зазор рухомих частин на прямолінійній ділянці. Задаючись цим Δ_3 (20-30 мм) з (12.2), знаходимо

$$R_3 = \frac{L^2 - S_0^2}{8\Delta_3}. \quad (12.4)$$

Спроекуємо контур $DCOO_1A$ на вертикаль
 $DC + CO + OO_1 \cos \varphi = O_1A$.

Підставляючи значення величин, маємо
 $\Delta S + R_1 + (R_3 - R_1) \cos \varphi = R_3$,

звідки

$$\cos \varphi = 1 - \frac{\Delta S}{R_3 - R_1}.$$

Обчислення φ потрібно робити по таблицях косинусів щоб уникнути грубих помилок. Маючи φ , знайдемо відстань x , на якій починається перехід від нормальної до розширеної міжосьової відстані

$$x = (R_3 - R_1) \sin \varphi.$$

При малих поворотах кривої закруглення раціонально робити по рис. 12.4, г – зовнішнє закруглення має мінімальний радіус R_1 , а внутрішня колія робиться кривою постійної кривизни з радіусом R_3 , що визначають з (12.4). Міжосьова відстань буде більше мінімально допустимої. Потрібно перевірити її найбільшу величину S' .

З $\triangle OO_1F$

$$S' = OD - OE = R_1 - (R_3 - OO_1).$$

$$OO_1 = \frac{O_1F}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{O_1B - BF}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{S + R_3 - R_1}{\cos \frac{\alpha}{2}},$$

тоді

$$S' = \frac{S + (R_3 - R_1) \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right)}{\cos \frac{\alpha}{2}} \approx S + (R_3 - R_1) \frac{\sin^2 \alpha}{8}.$$

Якщо S' виявиться занадто великою, то доведеться переходити на улаштування кривої за рис. 12.4, г.

II Додаток

A Довідкові матеріали (таблиці)

1. Алфавіти

Український

А Б В Г Г Д Е Є Ж З И І Ї Й К Л М Н
О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ю Я

Російський

А Б В Г Д Е Ё Ж З И К Л М Н О П
Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ы Ъ Ь Э Ю Я

Англійський

Aa	Bb	Cc	Dd	Ee	Ff	Gg	Hh	Ii	Jj	Kk	Ll	Mm
<i>ei</i>	<i>bi:</i>	<i>si:</i>	<i>di:</i>	<i>i:</i>	<i>ef</i>	<i>dzi:</i>	<i>eitʃ</i>	<i>ai</i>	<i>dzei</i>	<i>kei</i>	<i>el</i>	<i>em</i>
<i>ей</i>	<i>бі</i>	<i>сі</i>	<i>ді</i>	<i>і</i>	<i>еф</i>	<i>джи</i>	<i>ейч</i>	<i>ай</i>	<i>джей</i>	<i>кей</i>	<i>ель</i>	<i>ем</i>
Nn	Oo	Pp	Qq	Rr	Ss	Tt	Uu	Vv	Ww	Xx	Yy	Zz
<i>en</i>	<i>ou</i>	<i>pi:</i>	<i>kju:</i>	<i>a:</i>	<i>es</i>	<i>ti:</i>	<i>ju:</i>	<i>vi:</i>	<i>'dʌblju:l</i>	<i>eks</i>	<i>wai</i>	<i>zed</i>
<i>ен</i>	<i>оу</i>	<i>пі</i>	<i>к'ю</i>	<i>а</i>	<i>ес</i>	<i>ті</i>	<i>ю</i>	<i>ві</i>	<i>дабл ю</i>	<i>екс</i>	<i>вай</i>	<i>зед</i>

Латинський

Aa	Bb	Cc	Dd	Ee	Ff	Gg	Hh	Ii	Jj	Kk	Ll	Mm
a	бе	це	де	е	еф	же	аш	i	йот	ка	ель	ем
Nn	Oo	Pp	Qq	Rr	Ss	Tt	Uu	Vv	Ww	Xx	Yy	Zz
ен	о	пе	ку	ер	ес	те	у	ве	дубльве	ікс	ігрек	зет

Грецький

Αα	Ββ	Γγ	Δδ	Εε	Ζζ	Ηη	Θθ	Ιι	Κκ	Λλ	Μμ
альфа	бета	гама	дельта	епсилон	дзета	ета	тета	йота	каппа	лямбда	мі
Νν	Ξξ	Οο	Ππ	Ρρ	Σσ	Ττ	Υυ	Φφ	Χχ	Ψψ	Ωω
ні	ксі	омікрон	пі	ро	сигма	тау	іпсилон	фі	хі	псі	омега

2. Основні визначення

a_{max} , a_{min} , $a_{хар}$, $a_{ср}$ – максимальний, мінімальний, характерний, середній розміри куска, мм;

B – ширина стрічки, мм, м;

B_{min} – мінімальна ширина стрічки, мм;

$\rho_{вл}$, ρ_c , ρ , $\rho_{ц}$, – щільність вологого, сухого, насипного вантажу й гірської маси в цілику (масиві);

W – відносна вологість насипного вантажу (безрозмірна величина або помножена на 100 – в %);

α , β , γ – кути нахилу, град., рад.;

L , l – довжина, м;

$S_{жс}$, $S_{м.вт}$, $S_{вт}$ – площа поперечного переріза жолоба (лотка), теоретичний (максимальний) переріз вантажу, фактичний переріз вантажу, м². Звичайно $S_{жс} = S_{м.вт}$.

ψ – коефіцієнт заповнення поперечного переріза вантажем;

q , q_v , $q_{вл}$, $q_{вт}$, $q_{лц}$, q_p – лінійна маса вантажу, води у вантажі на стрічці, вологого вантажу, сухого вантажу, стрічки (ланцюга), обертальних частин підтримуючих роликоопор;

v – швидкість руху, м/с;

k_p – коефіцієнт розпушення;

m – маса, кг;

V – обсяг, м³;

$T_{відм}$, $t_{рем}$ – середній час напрацювання на відмову й середній час одного відновлення (ремонт), год;

λ – частота (інтенсивність) відмов однієї машини, елемента ланцюга, відм/год, відм/год;

$\lambda_{лц}$ – частота (інтенсивність) відмов усього послідовно працюючого ланцюга машин (системи), відм/год;

k_2 , і $k_{рем}$ – коефіцієнт готовності й ремонтпридатності;

$P(t)$ – імовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу t ;

Q , $Q_{мт}$, $Q_{ср}$, Q_e , Q_m , $Q_{тех}$, Q_p , $Q_{зм}^n$, $Q_{зм}^ф$ – продуктивність – миттєва, т/год, середня, т/год, експлуатаційна, т/зм, теоретична, т/год, технічна, т/год, розрахункова, т/год, нормативна й фактична змінна, т/зм;

t_m , t_p , $t_{зм}$ – машинний (для засобів безперервної дії) і робочий (для засобів періодичної дії) час, час зміни;

k_p , k_m – коефіцієнт робочого, машинного часу;

k – коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку;

k^n , k_m^n – розрахункові (нормативні) значення коефіцієнтів нерівномірності вантажопотоку й машинного часу;

k_i – коефіцієнт інтенсивності використання обладнання;

r – резерв продуктивності;

T_p , $T_{ц}$ – час рейса (циклу), с;

Θ – час пауз, а також допоміжних (маневрових) операцій у початковому й кінцевому пунктах транспортування;

z – кількість вагонеток у составі, шт.;

$k_{ш}$ – коефіцієнт зменшення розрахункової швидкості руху (розгони, гальмування, інші уповільнення швидкості за рейс);

a – прискорення руху вантажу, м/с²;

F – сила натягу гнучкого тягового органа, Н;

F_o – тягове зусилля приводу, Н;

F_{2-1}, F_{4-3} – сила тяги ділянок гнучкого тягового органа 1-2, 3-4, Н;

f – коефіцієнт тертя;

N – сила притиснення тертьових тіл (нормальна реакція опори), Н;

T – поздовжня, паралельна площині руху, складова сили ваги, Н;

P_i – сила інерції; її напрямок визначається знаком прискорення (прискорений рух $+a$, уповільнений $-a$), Н;

W – сила опору руху від тертя;

w – коефіцієнт опору руху. У розрахунках електровозної відкатки так само позначається питомий опір руху, Н/кн – величина в 1000 разів більше коефіцієнта;

$F_{зч}, F_{н.р.}$ – мінімальний натяг по зчепленню й повсюдне розтягання гнучкого тягового органа, Н;

M – момент сили, Нм;

Ψ – коефіцієнт зчеплення коліс із дорогою;

$P, P_{зч}, P_T$ – загальна, зчіпна й гальмова маса (τ) або вага (Н) локомотива;

$i, i_p, i_{ср}$ – ухил, керівний і середній ухили;

$\rho_{кан}$ – лінійна маса каната, кг/м;

I, U – сила (А) і напруга (В) електричного струму;

$\sigma_{тмч}$ – тимчасовий опір матеріалу на розрив, Н/мм², Н/м².

3. Утворення кратних і дольних одиниць

Кратність	Найменування приставки	Скорочені позначення
10^{12}	<i>тера</i>	Т
10^9	<i>гіга</i>	Г
10^6	<i>мега</i>	М
10^3	<i>кіло</i>	к
10^2	<i>гекто</i>	г
10^1	<i>дека</i>	так
Дольність		
10-1	<i>деци</i>	д
10-2	<i>санти</i>	с
10-3	<i>мілі</i>	м
10-6	<i>мікро</i>	мк
10-9	<i>нано</i>	н
10-12	<i>піко</i>	п

4. Співвідношення між одиницями роботи та енергії

Одиниці	Дж	ерг	кал	ккал	кВт·год	л.с.год.
1 Дж	1	10^7	0,239	$0,239 \cdot 10^{-3}$	$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,378 \cdot 10^{-6}$
1 ерг	10^{-7}	1	$0,239 \cdot 10^{-7}$	$0,239 \cdot 10^{-10}$	$0,278 \cdot 10^{-13}$	$0,378 \cdot 10^{-13}$
1 кал	4,2	$4,2 \cdot 10^7$	1	10^{-3}	$1,163 \cdot 10^{-6}$	$1,581 \cdot 10^{-6}$
1 ккал	$4,2 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^{10}$	10^3	1	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$1,581 \cdot 10^{-3}$
1 кВт·год	$3,6 \cdot 10^6$	$3,6 \cdot 10^{13}$	$859,8 \cdot 10^3$	859,8	1	1,36
1 л.с.год.	$2,65 \cdot 10^6$	$2,65 \cdot 10^{13}$	$632,4 \cdot 10^3$	632,4	0,7355	1

5. Співвідношення між одиницями потужності

Одиниці	Вт	кВт	л.с.	ккал/год	кал/год	ерг/с
1 Вт	1	10^{-3}	$1,36 \cdot 10^{-3}$	0,86	0,239	10^7
1 кВт	10^3	1	1,36	$0,86 \cdot 10^3$	$0,239 \cdot 10^3$	10^{10}
1 л.с.	735,5	$735,5 \cdot 10^{-3}$	1	632,4	175,7	$735,5 \cdot 10^7$
1 ккал/год	1,163	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$1,58 \cdot 10^{-3}$	1	0,2778	$1,163 \cdot 10^7$
1 кал/год	4,2	$4,2 \cdot 10^{-3}$	$5,69 \cdot 10^{-3}$	3,6	1	$4,2 \cdot 10^7$
1 ерг/с	10^{-7}	10^{-10}	$1,36 \cdot 10^{-10}$	$0,86 \cdot 10^{-7}$	$0,239 \cdot 10^{-7}$	1

6. Основні фізичні величини та їх розмірності

Найменування величини	Позначення	Формула	Розмірність і одиниця виміру
Маса	m		кг – кілограм
Час	t		с – секунда
Відстань (довжина)	L		м – метр
Швидкість	v	$v = \frac{L}{t}$	м/с – метр за секунду
Прискорення	a	$a = \frac{v}{t} = \frac{L}{t^2}$	м/с ² – метр за секунду в квадраті
Сила	F	$F = ma$	Н, кг·м/с ² – Ньютон, кілограм на метр за секунду в квадраті
Енергія, работа	E A	$A; E = F \cdot L = m \cdot a \cdot L = m \cdot a \cdot v \cdot t$	Дж, кг·м ² /с ² – Джоуль, кілограм на метр у квадраті за секунду в квадраті, Ват-секунда
Тепло	Q		калорія = 4,2 Дж
Потужність	N, P	$N = F \cdot v$	Вт, кВт, кг·м ² /с ³ – Ват, кілоВат, кілограм на метр у квадраті за секунду в кубі “Кінська сила” (0,735кВт)

7. Характеристики вантажів, що транспортуються

Матеріал	Крупність, мм	Насипна щільність, т/м ³	Граничний кут нахилу конвеєра, град.	Розрахунковий кут укосу в русі, град.
Антрацит рядовий	250-0	0,9-1,0	18	15
сортований	20-0	0,8-0,9	17-18	15
дрібний	10-0	0,75-0,8	17	15
Брикети буровугільні	250-100	0,75-0,85	16-17	15
Розкриті породи (м'які, із глинистими включеннями, вологі)	-	1,6-1,7	22	20
Вапняк	40-0	1,4-1,5	20	20
	3-0	1,3	22	20
Кокс великий	40	0,5-0,6	18	15
середній	40-30	0,4-0,5	18	15
дрібний	3-0	0,4	20	15
Руда залізна (гематит)				
велика	350-0	2,8-3,6	18-20	20
середня	75-0	2,4	20	20
дрібна	10-0	2,0	20-22	20
Руда залізна (магнетит)				
велика	350-0	2,0-2,8	18-20	20
середня	75-0	1,8-2,0	20	20
дрібна	10-0	1,6-1,8	20-22	20
Руда залізна (бурий залізняк)				
велика	350-0	1,6-2,0	20-22	20
середня	75-0	1,4-1,6	20-22	20
дрібна	10-0	1,2-1,4	22	20
Руда марганцева				
рядова	400-0	1,2-1,6	15-17	20
Сланець	50-0	1,4-1,6	18	15
Вугілля буре рядовий	250-0	0,65-6,75	18	15
Вугілля кам'яне				
рядове	150-0	0,7-0,9	18	15
велике	250-0	0,8-1,0	18	15
дрібне	3-0	0,6-0,8	20	15
Вугільний пил	1-0	1,0-1,3	15-16	15

**8. Конвєси з шириною стрічки 800 мм для транспортування гірської маси
крупністю кусків вугілля не більше 300 мм і породи не більше 150 мм**

Модель	Призначення	Швидкість руху стрічки v, м/с	Максимальна продуктивність Q_{max} т/год	Приймна здатність, м ³ /хв	Сумарна потужність приводу N, кВт	Стрічка	Довжина поставки, м
1Л80У	Дільничні виробки з кутом нахилу від -10 до +10°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	45x1	2Шх800х4хТК(А)- 100х4,5-3,5хГЗ ГОСТ 20-85	500
1Л80У-02	Дільничні виробки з кутом нахилу від -3 до +6°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	45x1	-/-	500
2Л80 У	Дільничні виробки з кутом нахилу від -16 до +18°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	55x2	-/-	1000
2Л80У-01	Дільничні виробки з кутом нахилу від -3 до +18°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	55x3	-/-	1000
1ЛТ80У	Виробки, що примикають до очисних вибоїв, оснащені механізованими очисними комплексами з кутами нахилу від -3 до +6°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	$\frac{45x1^{x2}}{55x1}$	-/-	500
2ЛТ80У	-/- з кутом нахилу від -10 до +10°	-/-	-/-	-/-	55x2	-/-	1000
1ЛТП80У	Виробки, проведені прохідницькими комбайнами, оснащеними первантажувачами з кутом нахилу від -3 до +6°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	$\frac{45x1^{x2}}{15x1}$	2Шх800х5хТК- 200х4,5-3,5хГЗ ГОСТ 20-85	500
1ЛТП80У-06	-/- з кутом нахилу від -3 до +6°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	45x1	-/-	500
2ЛТП80У-01	-/- з кутом нахилу від -3 до +10°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	55x3	-/-	1000
2ЛТП80У	-/- з кутом нахилу від -10 до +10°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	$\frac{55x2^{x2}}{15x1}$	-/-	1000
2ЛТП80У-06	-/- з кутом нахилу від -10 до +10°	2,0 2,5	420 520	8,2 10,2	55x2	-/-	1000

X1 – номінальна напруга живильної мережі 380(660) В. X2 – у чисельнику – значення для стрічкового конвєса, у знаменнику – для первантажувача (15 кВт – стрічковий, 55 кВт – скребковий типу ПТК).

**8'. Конвеєри з шириною стрічки 800 мм для транспортування гірської маси
крупністю кусків вугілля не більше 300 мм і породи не більше 150 мм**

Модель	Привідна станція				Діаметр роликів, мм	Маса обертових частин ролікоопор, кг		Відстань між ролікооперами, мм	
	Кількість привідних барабанів	Зв'язок між барабанами	Кути обхвата привідних барабанів стрічкою, град.			Наванта- жена гілка	Порожня гілка	Наванта- жена гілка	Порожня гілка
			1	2					
1Л80У	2	Жорстка кінематична	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
1Л80У-02	2	Жорстка кінематична	240	240	108	16,8	15,0	1400	2800
2Л80У	2	Із самостійними двигунами	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
2Л80У-01	2	Із самостійними двигунами	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
1ЛТ80У телескоп – 45 м з ПТК1У-01	2	Жорстка кінематична	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
1ЛТТ80У зі стрічковим перевантажувачем	2	Жорстка кінематична	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
1ЛТТ80У-06 без перевантажувача	2	Жорстка кінематична	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
2ЛТ80У із перевантажувачем ПТК1У-01	2	Із самостійними двигунами	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
2ЛТТ80У-01 із перевантажу- вачем ПТК1У-01	2	Із самостійними двигунами	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800
2ЛТТ80У зі стрічковим перевантажувачем	2	Із самостійними двигунами	240	240	89	14,7	14,7	1400	2800
2ЛТТ80У-06 без перевантажувача	2	Із самостійними двигунами	240	240	89	14,7	11,62	1400	2800

**9. Конвеєри з шириною стрічки 1000 мм для транспортування гірської маси
крупністю кусків вугілля не більше 500 мм і породи не більше 300 мм**

Модель	Призначення	v, м/с	Q_{max} т/год	Прийомна здатність, м ³ /хв	N, кВт	Стрічка	Довжина поставки, м
1Л100К1-02	Дільничні виробки з кутом нахилу від -16 до -3°	2,0	590	13,4	75x2	2Шx1000x4xТК- 200-2x4,5-3,5	900
1Л100У	-//- з кутом нахилу від -3 до +18°	2,0	680	13,4	75x1	-//-	450/500
1Л100У-01	-//- з кутом нахилу від -3 до +18°	2,0	680	13,4	75x2	-//-	1000
2Л100У	Виробки з кутом нахилу від -16 до +18°	2,5	850	16,8	110(90)x2	2РТЛО-1500x1000	1000
2Л100У-01	Виробки з кутом нахилу від -3 до +18°	2,5	850	16,8	$\frac{110(90)x2^{x2}}{110(90)x3}$	-//-	$\frac{700}{1500}$
3Л100У	Капітальні виробки з кутом нахилу від -3 до +18°	2,5	850	16,8	250x2	2РТЛО-2500x1000	1100
3Л100У-02 (грузопассажирское исполнение)	Капітальні виробки з кутом нахилу від -3 до +18°	2,0	680 ^{x3}	13,4	250x2	-//-	1100
1ЛТ100У	Виробки, що примикають до очисних вибоїв, оснащених механізованими очисними комплексами з кутом нахилу від -3 до +6°	2,0	630	13,4	$\frac{75x1^{x4}}{110x1}$	2Шx1000x3xТК- 200-2x4,5-3,5x	500
2ЛТ100У	Виробки, що примикають до очисних вибоїв, оснащених механізованими очисними комплексами з кутом нахилу від -10 до +10°	2,5	850	16,8	$\frac{110(90)x2^{x4}}{110x1}$	2Шx1000x-5xТК- 200-2x4,5-3,5	1000
2ЛТ100У-01	-//- з кутом нахилу від -3 до +10°	2,5	850	16,8	$\frac{110(90)x3^{x4}}{110x1}$	-//-	1000
2ЛН100	Капітальні виробки з кутом нахилу від +18 до +25°	2,0	620	12,2	250x2	Вогнестійка з рифленою поверхністю 2РТЛО-2500-Риф	н.д.
2ЛН100-01	-//- з кутом нахилу від -25 до -16°	2,0	620	12,2	250x2	-//-	н.д.

X2 – у чисельнику – при довжині поставки 700 м, у знаменнику – 1500 м. X3 – пропускна здатність при перевезенні людей 1250 чол/год.
X4 – у чисельнику – значення для стрічкового конвеєра, у знаменнику – для скребкового перевантажувача типу ПТК.

**9'. Конвеєри з шириною стрічки 1000 мм для транспортування гірської маси
крупністю кусків вугілля не більше 500 мм і породи не більше 300 мм**

Модель	Привідна станція		Діаметр роликів, мм	Маса обертових частин роликкоопор, кг		Відстань між роликкоопорами, мм					
	Кількість привідних барабанів	Зв'язок між барабанами		Кути обхвата привідних барабанів стрічкою, град.		Навантажена гілка	Порожня гілка				
				1	2			Навантажена гілка	Порожня гілка		
1Л100К1-02	4	Жорстка кінематична	240	240	240	240	127	37,7	21,9	1450	2900
1Л100У	2	Жорстка кінематична	240	240	240	240	127	37,7	21,9	1500	3000
1Л100У-01	4	Жорстка кінематична	240	240	240	240	127	37,7	21,9	1500	3000
2Л100У	2	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	21,9	1500	3000
2Л100У-01	2	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	21,9	1500	3000
3Л100У	2	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	21,9	1500	3000
3Л100У-02	2	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	21,9	1500	3000
1ЛТ100У	2	Жорстка кінематична	240	240	240	240	127	37,7	21,9	1500	3000
2ЛТ100У	2	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	21,9	1500	3000
2ЛТ100У	3	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	21,9	1500	3000
2ЛН100	2	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	37,7	1500	3000
2ЛН100-01	2	Із самостійними двигунами	210	210	210	210	127	37,7	37,7	1500	3000

**10. Конвєси з шириною стрічки 1200 мм для транспортування гірської маси
крупністю кусків вугілля не більше 500 мм і породи не більше 300 мм**

Модель	Призначення	v, м/с	Q _{max} , т/год	Приємна здатність, м ³ /хв	N, кВт	Стрічка	Довжина поставки, м	Кількість привідних барабанів	Зв'язок між барабанами	Куті обхвата привідних барабанів			Діаметр роликів, мм	Маса обертвих частин роликкопор, кг		Відстань між роликко- опорами, мм	
										1	2	3		Нав. гілка	Пор. гілка	Нав. гілка	Пор. гілка
1Л120	Капітальні дільничні виробки з кутом нахилу від -3 до +18°	2,5	1260	24,8	250 x 2	2РТЛЮ- 1500x1200	850	2	Із самостійними двигунами	210	159	61,5	61,5	1250	2500		
2Л120-01	Капітальні дільничні виробки з кутом нахилу від -3 до +18°	2,5	1260	24,8	250 x 3	-/-	1000	3									
Л120А	Похилі стовбури і штольні з кутом нахилу від -3 до +18°	3,15	1590	31,2	500 x 2	2РТЛЮ- 2500x1200	1000	2									
2Л120Б	-/-	3,15	1590	31,2	500 x 3	2РТЛЮ- 3150x1200	1000	3									
2Л120В	Капітальні виробки з кутом нахилу від -3 до +18°	3,15	1590	31,2	250 x 4	2РТЛЮ- 2500x1200	1000	2									
2ЛБ120	Капітальні виробки з кутом нахилу від -16 до -3°	3,15	1470	31,0	250 x 2	-/-	800	2									
2ЛБ120М	Капітальні виробки з кутом нахилу від -16 до -3°	3,15	1590	31,2	250 x 2	-/-	н.д.	2									
2ЛБ120М-01	-/-	2,5	1200	24,8	250 x 2	-/-	н.д.	2									

11. Дільничні конвеєри за ГОСТ 28628-90

Модель	Призначення	v , м/с	Q_{max} , т/год	Прийомна здатність, m^3/hv	N , кВт	Стрічка	Довжина поставки, м		
1Л800Д	Дільничні виробки з кутом нахилу від -16 до +18°	1,6; 2,0; 2,5; 3,15	350; 435; 545; 690	6,9; 8,6; 10,7; 13,5	75; 90; 110; 132	Із шириною стрічки 800 мм	700		
1ЛТ800Д	Виробки, що примикають до очисних вибоїв, оснащених механізованими очисними комплексами з кутом нахилу від -3 до +10°						700		
1ЛТП800Д	Виробки, що проводять прохідницькими комбайнами з перевантажувачами з кутом нахилу від -10 до +10°						1000		
1Л800-01Д	Дільничні виробки з кутом нахилу від -10 до +10°						700		
1Л1000Д	Дільничні виробки з кутом нахилу -16 до +18°					570; 710; 890;	11,2; 14,0; 17,5;	1000 мм	500
1Л1000Д-01	--/					1120	22,0		

12. Магістральні конвеєри за ГОСТ 28628-90

Модель	Призначення	v , м/с	Q_{max} , т/год	Прийомна здатність, m^3/hv	N , кВт	Стрічка	Довжина поставки, м
2Л1000Д	Капітальні виробки з кутом нахилу від -16 до +18°	1,6; 2,0; 2,5; 3,15	680	10,6; 13,2; 16,5; 20,8	2x110; 2x132; 2x160; 2x200	1000 мм	1500
3Л1000Д	--/	2,0		13,2	2x250		
3Л1200Д-01	Капітальні виробки з кутом нахилу від -3 до 18°	2,0	1085	21,3	2x250	1200 мм	1600
3Л1200Д-01	--/	3,15	1710	33,5	3x250		
3Л1200Д-02	--/	4,0	2170	42,6	4x250		
4Л1200Д-01	--/	2,0	1085	21,3			
4Л1200Д-01	--/	3,15	1710	33,5			
4ЛЛ1200Д	--/ (вантажо-пасажирське виконання)	3,15	1990	26,6			2300

Номінальний діаметр ролика:

- 108 мм (для конвеєрів із шириною стрічки 800 мм);
- 127 мм (для конвеєрів із шириною стрічки 1000 мм);
- 152 мм (для конвеєрів із шириною стрічки 1200 мм).

13. Маса (розрахункова) конвеєрних стрічок (ГОСТ20-85)

Тип тканини тягового каркаса	Товщина зовнішніх обкладок, мм	Маса в кг на 1 м ² стрічки за різної кількості тканинних прокладок			
		3	4	5	6
БКНЛ-65	3,0/1,0	7,3	8,2	9,1	10,0
БКНЛ-65-2	4 0/2 0	9,7	10,6	11,5	12,4
ТА-100	5,0/2,0	11,6	12,8	14,0	15,2
ТК-100	6,0/2,0	12,8	14,0	15,2	16,4
ТК-100	8,0/2,0	15,2	16,4	17,6	18,8
ТК-200-2	4,5/3,5	14,6	16,0	17,2	18,8
	6,0/2,0	13,4	14,8	16,2	17,6
	6,0/3,5	15,8	17,2	18,6	20,0
	8,0/2,0	15,8	17,2	18,6	20,0
ТЛК-200	6,0/2,0	14,0	15,6	17,2	18,8
	8,0/2,0	16,4	18,0	19,6	21,2
ТА-300	6,0/2,0	13,7	15,2	16,7	18,2
	6,0/3,5	16,1	17,6	19,1	20,6
	8,0/2,0	16,1	17,6	19,1	20,6
ТК-300	6,0/2,0	14,3	16,0	17,7	19,4
	8,0/2,0	16,7	18,4	20,1	21,8
ТК-400	6,0/2,0	14,0	15,6	17,2	18,8
	6,0/3,5	15,8	17,3	19,0	20,6
	8,0/2,0	16,4	18,0	19,6	21,2
	10,0/3,0	20,0	21,6	23,2	24,8
МК-400-120-3	6,0/2,0	18,8	21,0	23,2	25,4
	8,0/2,0	21,2	23,4	25,6	27,8
	10,0/3,0	24,8	27,0	29,2	31,4

Примітка. У графі “Товщина зовнішніх обкладок” у чисельнику наведена номінальна товщина гумової обкладки робочої поверхні, а в знаменнику – неробочої поверхні стрічки. Указані розрахункові дані призначені для визначення маси згорнутої в бухту стрічки та вибору підйомно-транспортних механізмів відповідної вантажопідйомності, що застосовують під час зберігання чи транспортування стрічки. При зміні товщини гумових обкладок стрічок усіх типів і видів на 1 мм маса (розрахункова) стрічок змінюється на 1,2 кг.

14. Геометричні та міцнісні параметри гумотросових конвеєрних стрічок, що випускають в об'єднанні “Кривбасзалізорудком”

Показатели	РТЛ-500	РТЛ-800	РТЛ-1000	РТЛ-1250	РТЛ-1500	РТЛ-2000	РТЛ-2500	РТЛ-3150	РТЛ-3500	РТЛ-4000
Маркувальна група, Н/мм ²	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1770	1770	1770	1770
Агрегатна міцність троса P _в , кН	6,405	7,965	13,95	20,0	27,15	27,15	43,3	52,05	61,7	78,2
Загальна мінімальна товщина стрічки Н, мм	11	12	14	15	18	19	20	22	24	27
Розрахункова маса 1 м ² стрічки, кг	17	19,5	23,4	26	31	35	39	44,4	49	56
Ширина стрічки В, мм	до 1600									

15. Рекомендовані діаметри роликів

Ширина стрічки B , мм	Рекомендовані діаметри роликів, мм	
	Насипна щільність до $1,4 \text{ т/м}^3$	Насипна щільність понад 2 т/м^3
800-1200	102 – 127	159
1400-1600	159	194
1800 и более	159 – 194	194 – 210

16. Відстань між роликами на навантаженій гілці

Насипна маса B , т/м^3	Ширина стрічки, мм			
	500	650-800	1000-1200	1400-1600
Менше 1	1,5	1,4	1,3	1,2
1-2	1,4	1,3	1,2	1,1
Понад 2	1,3	1,2	1,1	1,0

17. Маса обертових частин роликкоопор

Ширина стрічки B , мм	Пряма роликкоопора		Жолобчата роликкоопора			
	Нормальне виконання		Нормальне виконання		Важке виконання	
	діаметр, мм	маса, кг	діаметр, мм	маса, кг	діаметр, мм	маса, кг
650	102	10,5	102	12,5	-	-
800	127	19,5	127	22,0	159	45
1000	127	21,5	127	25,0	159	50
1200	127	26,0	127	29,0	159	57
1400	159	40,0	159	50,0	194	108
1600	-	-	-	-	194	116,0
2000	-	-	-	-	219	190,0

17, а. Погонні (лінійні) маси обертових частин роликкоопор шахтних конвеєрів, що зняті з виробництва

Параметри	Тип конвеєра					
	із шириною стрічки 800 мм	КЛІА-250	1Л100К 1Л100 2Л100	2ЛЛ100	1ЛУ120	2ЛУ120
Маса обертових частин:						
– верхньої гілки q'_p	8,4	19,7	20,4	20,4	30,0	43,2
– нижньої гілки q''_p	3,1	7,76	3,6	6,7	10,8	13,6

17, б. Погонні (лінійні) маси обертових частин роликкоопор шахтних конвеєрів уніфікованого ряду (1Л80У, 2Л100У, 3Л100У, 2Л120В і т.д.)

Параметри	Тип конвеєра		
	із шириною стрічки 800 мм	із шириною стрічки 1000 мм	із шириною стрічки 1200 мм
Маса обертових частин:			
– верхньої гілки q'_p	8,4	20,4	43,2
– нижньої гілки q''_p	4,2	10,2	21,6

17, в. Погонні (лінійні) маси обертових частин роликоопор нових шахтних конвеєрів

Параметри	Тип конвеєра				
	1Л100А	2Л1000А	3Л1000А	1ЛТ1200	3Л120
Маса обертових частин: – верхньої гілки q'_p	13,9	21,02	40,2	35,6	43,2
– нижньої гілки q''_p	5,9	8,79	16,5	13,6	21,6

Примітка. Наведено базові моделі, за наявності в найменуваннях додаткових літер “Л”, “Т”, “П” значення q'_p і q''_p приймають за базовими моделями.

17, г. Погонні (лінійні) маси обертових частин роликоопор стаціонарних і кар'єрних конвеєрів*

Насипна щільність, т/м ³	Відстань між роликооперами, м для стрічок шириною, мм		Маса обертових частин: верхньої гілки q'_p , нижньої q''_p , кг/м для стрічок шириною, мм						
	верхньої гілки q'_p	нижньої гілки q''_p	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Верхня гілка									
<1,6	1,0	-	12,5	17,9	20,7	24,3	47,5	63	-
	1,2	-	10,4	15,0	17,2	20,3	39,6	52,5	-
≥1,6	1,0	-	-	38	43	50,0	86,5	92,8	104
	1,2	-	-	31,7	35,8	41,7	72,1	77,3	86,6
Нижня гілка									
<1,6	-	2,4	4,4	8,0	9,0	11,8	16,7	18,2	-
	-	3	3,5	6,4	7,2	8,7	13,3	14,6	-
≥1,6	-	2,4	-	10,4	11,7	12,9	29,6	40,4	49,6
	-	3	-	8,4	9,3	10,3	23,7	32,3	39,7

* Конвеєри загального призначення: використовуються в рудниках, технологічних комплексах поверхні шахт, кар'єрів, на збагачувальних фабриках, електростанціях та ін.

18. Значення коефіцієнтів опору руху стрічки по роликооперах ω

Умови роботи конвеєра	ω
Сухе приміщення без пилу, що не обігривається	0,020
Опалювальне приміщення, невелика кількість абразивного пилу	0,025
Рухомі конвеєри на поверхні	0,030
Опалювальне приміщення з підвищеною вологістю й абразивним пилом	0,040
Дуже брудна атмосфера, тяжкі умови роботи	0,040-0,060
Кар'єри при гарному стані опор	0,020-0,027
Кар'єри при забруднених підшипниках	0,022-0,027
Підземні конвеєри вугільних шахт	0,060-0,080
Підземні конвеєри марганцевих шахт	0,080-0,100

Примітка. Для пересувних конвеєрів ω збільшується на 10%, при наявності розвороту бічних роликів у горизонтальній площині ω збільшується на 10%.

19. Значення тягового фактора приводу

Поверхня привідного барабана	Стан дотичних поверхонь	Атмосферні умови	Коефіцієнт зчеплення стрічки з барабаном f	Значення тягового фактора ($e^{f\alpha}$) при різних кутах обхвата					
				180	210	240	300	400	480
				3,14	3,67	4,19	5,24	6,98	8,38
Сталева або чавунна футеровки	Чисті	Сухо	0,35	3,10	3,61	4,34	6,24	11,55	18,78
	Курні	Сухо	0,30	2,37	3,00	3,52	4,82	8,14	12,35
	нечисті: вугілля, пісок	Волого	0,25	2,30	2,50	2,86	3,71	5,74	8,17
	нечисті: рудний дріб'язок, глина	Волого	0,10	1,37	1,44	1,52	1,69	2,00	2,32
Футеровка гладкою гумою (конвеєрна стрічка)	Чисті	Сухо	0,5	4,80	6,26	3,12	13,73	32,78	66,00
	Курні	Сухо	0,4	3,51	4,34	5,35	8,14	16,38	48,56
	нечисті: вугілля, пісок	Волого	0,25	2,20	2,50	2,85	3,71	6,74	8,17
	нечисті: рудний дріб'язок, глина	Волого	0,15	1,69	1,69	1,88	2,20	2,85	3,51
Футеровка прогумованою стрічкою без обкладки	Чисті	Сухо	0,45	4,10	5,21	6,59	10,67	23,13	43,42
	Курні	Сухо	0,35	3,01	3,61	4,34	6,27	11,55	18,78
	нечисті: вугілля, пісок	Волого	0,25	2,20	2,50	2,85	3,71	5,74	8,17
	нечисті: рудний дріб'язок, глина	Волого	0,15	1,60	1,69	1,88	2,20	2,85	3,51
Рифлена гума	-	Сухо	0,7	9,0	13,5	18,7	39,17	132,4	352,0
	-	Волого	0,45	4,0	15,2	6,59	10,57	23,13	43,42
	-	Мокро	0,25	2,20	2,50	2,85	3,71	5,74	8,17

20. Значення швидкості руху рекомендованого стрічкового конвеєра

Об'ємна продуктивність розрахункового конвеєра, м ³ /год	Швидкість стрічки, м/с	
	для пухких порід	для скельних порід
до 800	2,0-2,5	1,5-2,5
800-2500	2,5-3,5	2,0-3,0
2500-5000	3,0-4,5	2,5-3,5
5000-8000	3,5-5,5	2,5-3,5
8000-12000	4,0-6,0	3,0-4,0
більше 12000	4,0-6,5	3,0-4,5

Примітка. При виборі швидкості руху стрічки враховують її значення в стандартному ряду швидкостей стрічки: 0,5; 0,68; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3 м/с.

21. Коефіцієнт c , що враховує додатковий опір

Довжина конвеєра	до 10	до 20	до 30	до 40	до 50	до 100	до 150	до 200	до 250	до 300
коефіцієнт c	4,5	3,5	2,8	2,4	2,2	1,8	1,55	1,45	1,38	1,32
Довжина конвеєра	до 350	до 400	до 450	до 500	до 550	до 600	до 650	до 700	до 750	до 800
коефіцієнт c	1,28	1,24	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13	1,12	1,11	1,10
Довжина конвеєра	до 850	до 900	до 1000	до 1500	до 2000	до 2500	до 3000	до 4000	до 5000	> 5000
коефіцієнт c	1,097	1,095	1,09	1,06	1,05	1,04	1,037	1,032	1,03	1,0

22. Характеристика скребкових конвеєрів

Тип скребкового конвеєра	Параметри									
	Продуктивність, т/хв	Швидкість руху ланцюга, м/с	Довжина поставки, м	Тип ланцюгів	Кількість ланцюгів	Потужність, кВт	Кількість електродвигунів	Висота риштака, мм	Ширина риштака, мм	Довжина риштака, мм
СПЦ161	5,8; 7,3	1,0; 1,25	200	20×80Д	1	55	2	192	642	1350, 1500
СПЦ162	7,2	1,0	180	20×80С2	2	90(110)	2	192	642	1350, 1500
СПЦ163	6,1	1,0; 1,1	207	24×86С	2	110(160)	2	192	642	1350, 1500
СР72	12,0	1,12	200	18×64-С15×2	2	55	4	400	623	1400
СПЦ230	21,0		200, 250, 300	30×108	2	85(250)	2, 3	265	800	1500
СП250.11	9,0		200	18×64-С15×2	2	110	2	190	642	1900
СП251	9,0	1,0	200, 250	24×86H	2	65(200)	2	190	642	1350, 1500, 1900
СПЦ261	8,0	1,0	200	26×92-3	2	110	2	228	642	1900
СПЦ271.38	12,0	1,0	200	26×92С2	2	110	2	228	736	1500
СПЦ273	12,0	1,0	200	26×92С-249×2	2	110	3	228	736	1500
СП87ПМ СП88	7; 8; 9; 10	1,0; 1,12; 1,24; 1,38	150, 200	18×64С-2	2	110	2, 3	190	642	1900
СП202В1	8,8; 10	1,24; 1,25	170, 200	18×64С-2	2	110	2	190	642	1500
СП202М	7,2	1,0	175, 200	18×64С-2	2	55	2, 3	190	642	1500
СП291	7,1	1,0	200	18×64С-15×2	2	110	2	190	642	1350
СП301М	12,5; 13,2; 14,6; 16,4	1,0; 1,12; 1,24; 1,38	120, 150, 180	24×86С2	2	55(110)	2; 3; 4 (2; 3)	245	754	1500
СПК301 М	13,3		210	24×86-С-13×2	2	110	2	245	754	1500
СПЦ330	25,0		200, 250, 300	30×108	2	85(250)	2, 3	255	800	1500

23. Характеристика ланцюга скребкових конвеєрів

Позначення ланцюга	Лінійна маса q_o , кг/м	Клас міцності ланцюга (K_L)							
		$A_I (70)$		$B_I (75)$	$C (80)$		$D (100)$		
		Q_{II}	Q	Q_{II}	Q	Q_{II}	Q	Q_{II}	Q
		в кН (не менше)							
14×50-Кл	4,1	170	210	180	230	200	250	230	290
16×64-Кл	5,2	220	280	240	300	260	320	300	380
18×64-Кл	6,9	280	350	300	380	330	410	380	480
18×80-Кл	6,4	280	350	300	380	330	410	380	480
20×80-Кл	8,2	340	430	370	470	400	500	480	600
22×86-Кл	10,0	420	530	450	570	490	610	580	720
24×86-Кл	13,3	500	630	540	680	580	720	690	860
26×92-Кл	15,5	590	740	640	800	680	850	810	1000
28×100-Кл	18,5	680	860	730	920	790	980	930	1170
32×100-Кл	23,2	900	1120	960	1200	1020	1280	1200	1530

d – діаметр прутка каліброваного ланцюга, мм;

t – крок ланки, мм;

λ – геометрична характеристика по зачепленню;

q_o – лінійна маса ланцюга при номінальних геометричних розмірах ланок, кг/м;

$K_L = 0,65(Q/d^2)$ – клас міцності ланцюга (ГОСТ 9445-70);

Q_{II} – пробне навантаження, кН;

Q – руйнівне навантаження, кН.

24. Коефіцієнт зчеплення за даними О.О. Ренгевича*

Умови експлуатації	ω
Вугільні шахти, рейки:	
покриті рідким брудом	0, 07-0,08
вологі, практично чисті	0,09
мокрі, чисті	0, 12-0,13
посипані піском	0, 18-0,24
Сланцеві шахти, рейки брудні	0,11
Залізородні шахти, рейки:	
сухі чисті	0, 21-0,25
покриті рідким брудом без глинистих домішок	0,23
те ж із глинистими домішками	0, 10-0,11
посипані піском	0,25

*Ренгевич А.А. Коэффициент сцепления рудничных электровозов. – Вопросы рудничного транспорта. – М.: Горгостехиздат, 1961. – Вып. 5. – С. 227-246.

25. Характеристика шахтних електровозів

Технічні параметри	Тип електродвигуна	Ширина колії, мм	Жорстка база, мм	Маса, т	Тип акумуляторної батареї	Характеристики тягових електродвигунів		Гальмівна сила рейкового електромашинного гальма, кН	Параметри годинного режиму			Параметри тривалого режиму		
						Срум, А	ККД, %		Потужність, кВт	Швидкість, км/год	Сила тяги, кН	Потужність, кВт	Швидкість, км/год	Сила тяги, кН
7КР4	ЭДР-25Б	600	1200	7	-	113	85		31x2	12,2	11,8			
		900												
К10	ЭТ-31	600	1200	10	-	145	85		31x2	12,2	16,6			
		900												
К14	ЭТ-46	750	1800	14	-	204	90,2		45x2					
		900												
ЭК10Т		900	1200	10	-				66	10,8	9,8	40	13,4	9,6
		600												
Г6		600	900	5,7	-				11,6					
		900												
4,5АРП	ЭДР-7П	600		4,5	66ТНЖ-300	93	78		2x6,0	1,3	7,5			
		600												
5АРВ	ЭДР-7П	600		5,0	66ТНЖ-300	93	78		2x6,0	1,3	7,5			
		600												
АРВ7	ДПТР-10	600		7,0	88ТНК-400-45	100	78		2x10	2,0	8,8			
		600												
АРП7	ДРТ-10	600		7,0	90ТНЖШ-500-У5	100	78		2x10	2,0	8,8			
		600												
АМ8Д	ДПТР-12	600	1200	8,05	96ТНЖШ-500-У5	113	82		21	5,7	12,1	11,2	8,2	4,67
		900												
2АМ8Д	ДПТР-12	750		16,0	2x96ТНЖШ-550-У5	113	82		42	5,7	24,1	22,4	8,2	9,34
		900												
АРП10	ЭТ-16	600	1400	10,0	126ТНЖШ-500-У5	135	82	70	26	7,2	12,5	13,4	10	4,61
		900												
АРП14	ЭТ-23,5	900	1655	14,0	161ТНЖШ-550-У5	147	82	100	47	9	18	18,8	14,4	4,5
		900												

26. Вагонетки шахтні

Вагонетки шахтні призначені для транспортування корисних копалин, породи й матеріалів по підземних виробках і на промислових площадках шахт.

Вагонетки випускаються чотирьох типів: ВГ, УВГ, ВИ і ВД ємністю 1,0-3,3 м на колію 550-900 мм.

Схематичне зображення вагонетки наведено на рис. 2.

Тип вагонетки	Місткість номінальна, м ³	Максимальна вантажопідйомність, т	Колія S, мм	Довжина L, мм	Ширина B, мм	Висота від головки рейки H, мм	Жорстка база C, мм	Діаметр колеса по ободу катання D, мм	Висота осі зчеплення від головки рейки, мм	Маса порожньої вагонетки, кг, не більше			
УВГ1,0-550	1,0	3	550	1500	850	1300	500	300	320	525			
УВГ1,2-550	1,1			1800			590						
УВГ1,3-550	1,3			2000			625						
УВГ1,3-550-01				2400			660						
УВГ1,4-550	1,4			2700			690						
УВГ1,4-550-01				1500			525						
УВГ1,0-575	1,0		575	850	1300	500	525						
УВГ1,2-575	1,1					1800	590						
УВГ1,3-575	1,3					2000	625						
УВГ1,3-575-01						2400	660						
УВГ1,4-575	1,4					2700	690						
УВГ1,4-575-01						1500	525						
УВГ1,0-600	1,0		600	850	1300	500	525						
УВГ1,1-600	1,1					1800	590						
УВГ1,3-600	1,3					2000	625						
УВГ1,3-600-01						2400	660						
УВГ1,4-600	1,4	2700				690							
УВГ1,4-600-01		1500				525							
УВГ1,6-600	1,6	900	1240	1300	800	525							
УВГ1,6-600-01					1800	590							
ВГ1,0-600	1,0				600	850	1300	500	525				
ВГ1,1-600	1,1							1800	590				
ВГ1,3-600	1,3				2000	625							
ВГ1,3-600-01					2400	660							
ВГ1,4-600	1,4	2700	690										
ВГ1,4-600-01		1500	525										
ВГ1,6-600	1,6	900	1240	1300	800	525							
ВГ1,6-600-01					1800	590							
ВГ2,5-900	2,5				6	900	1320	1400	1100	350	365	1300	
ВГ2,5-900-01	3,3											1260	
ВГ3,3-900	3,3				4,5			2900	1350			1500	1500
ВДК2,5Д-900	2,2							2450	1240				1500
ВДК2,5К-900	2,5-0,15	6	3575	1350	1400			1100	1660				
ВД3,3-900	3,3		2010	1120	1280			600	920				
ВИ1,5-900	1,5	6	2730	1120	1230	800	1030						
ВИ2,0-900	2,0		4900	1350	1550	1500	2534						
ВД-5,6	5,6	10											

27. Вагони рудні

Тип вагона	Місткість, м ³	Вантажо- підйомність, кг	Колія, мм	Габаритні розміри, мм			Жорстка база, мм	Маса тари, кг
				Довжина	Ширина	Висота		
ВГ-0,7	0,7	2100	750	1250	850	1220	500	548
ВГ-1,2	1,2	3600	750	1850	1000	1300	600	807
ВГ-2,2	2,2	6600	750	2950	1200	1300	1000	1449
ВГ-4	4	12000	750	3820	1320	1550	1250	3000
ВГ-8	9,0	27000	750	7700	1350	1550	1100	6000

28. Питомий опір руху вагонеток

Для вугільних вагонів за даними ДГГ:			Для рудних вагонеток із глухим кузовом за даними ДППРОРУДИ:		
Місткість кузова, м ³	Питомий опір руху вагонеток ω , Н/кН		Вантажо-підйомність, т (маса)	Питомий опір руху вагонеток ω , Н/кН	
	навантажен.	порожніх		навантажен.	порожніх
1,1	10	12	4,15	7	10,5
2,5	9	11	5,5	6	10,5
3,3	7	9	7,2	5,5	8
5,6	6	7	10,0	5	8
			14-20	4	6

29. Характеристика ДКН

Параметр	ДКН	ДКН 1	ДКНЛ	ДКНЛІМ	ДКН 3	ДКН 4-2	ДКН 4-3	“Беко-бан”	К-650, К-900	“Штреккен-кулі”
Відстань транспортування, м	1500	2000	1000	2000	2000	2000	3000	3000	3000	6000
Швидкість руху каната, м/с	0,25; 0,45; 0,84; 1,2	0...2	0,85	0,35; 1,8	0...2	0...2	0...3	0...3	0...4	0...4
Кут установлення, град.	5	6	10	20	12	30	30	17	45	65
Тягове зусилля, кН	27	30	12,5	46	37	42	84	40	85	75
Діаметр каната, мм	15	17,5	15	19,5	19,5	22	26	26	28	26
Потужність приводу, кВт	45	90	13	75	75	110	220	80	250	330

30. Стрілкові переводи

Стрілкові переводи призначені для забезпечення переведення рухомих составів з однієї колії на іншу в умовах підземних виробок і на промислових площадках шахт.

Стрілкові переводи виготовляються як однобічної, так і симетричної дії 12-ти типорозмірів з рейок Р33 і Р24, колії 600-900 мм.

Схема однобічних і симетричного стрілкових переводів наведена на рис. 1.

Технічна характеристика

Тип переводу	Коля B_1 , мм	Тип рейки	Марка хрестовини	Кут розкриття, α	Рад. крив. R , м	Розміри, мм						Маса, кг
						L	L_1 (a)	L_2	L_3	L_4	L_5	
ПШО933-1/4-12П	900	Р34	1/4	28	12	9298	4179	3600	2750	1845	925	1900
ПШО933-1/5-20П	900	Р34	1/5	22,6	20	10116	4264	4500	2750	1845	925	2050
ПШО733-1/5-20П	750	Р34	1/5	22,6	20	9362	4268	3750	2750	1770	925	2050
ПШС933-1/4-30	900	Р34	1/4	28	30	9516	4437	3600	2750	1845	925	1920
ПШС933-1/3-20	900	Р34	1/3	36,8	20	8760	4535	2700	2750	845	925	2025
ПШС933-1/5-40	900	Р34	1/5	22,6	40	10080	4256	4500	2750	1845	925	2060
ПОД924-1/4-12	900	Р24	1/4	28	12	7950	3416	3600	2100	1540	910	1130
ПОД624-1/4-12	600	Р24	1/4	28	12	6560	3262	2400	2100	1440	910	990
ПОД924-1/5-20	900	Р24	1/5	22,6	20	9560	3995	4500	2100	1540	910	1260
ПСД624-1/3-12	600	Р24	1/3	36,8	12	4350	1845	1800	1050	1440	910	730
ПСД924-1/3-12	900	Р24	1/3	36,8	12	5380	1987	2700	1050	1540	910	840
ПСД924-1/3-20	900	Р24	1/3	36,8	20	5710	2304	2700	1050	1540	910	870

31. Таблица Брадиса

sin	sin		sin		tg	tg		tg	cos		cos		cos				
	sin	sin	sin	sin		tg	tg		cos	cos	cos	cos					
0°	0,0000	30°	0,5000	60°	0,8660	0°	0,0000	30°	0,5774	45°	1,0000	90°	0,0000	60°	0,5000	30°	0,8660
1°	0175	31°	5150	61°	8746	1°	0175	31°	6009	46°	1,0355	89°	0175	59°	5150	29°	8746
2°	0349	32°	5299	62°	8829	2°	0349	32°	6249	47°	1,0724	88°	0349	58°	5299	28°	8829
3°	0523	33°	5446	63°	8910	3°	0524	33°	6494	48°	1,1106	87°	0523	57°	5446	27°	8910
4°	0698	34°	5592	64°	8988	4°	0699	34°	6745	49°	1,1504	86°	0698	56°	5592	26°	8988
5°	0872	35°	5736	65°	9063	5°	0875	35°	7002	50°	1,1918	85°	0872	55°	5736	25°	9063
6°	1045	36°	5878	66°	9135	6°	1051	36°	7265	51°	1,2349	84°	1045	54°	5878	24°	9135
7°	1219	37°	6018	67°	9205	7°	1228	37°	7536	52°	1,2799	83°	1219	53°	6018	23°	9205
8°	1392	38°	6157	68°	9272	8°	1405	38°	7813	53°	1,3270	82°	1392	52°	6157	22°	9272
9°	1564	39°	6293	69°	9336	9°	1584	39°	8098	54°	1,3764	81°	1564	51°	6293	21°	9336
10°	1736	40°	6428	70°	9397	10°	1763	40°	8391	55°	1,4281	80°	1736	50°	6428	20°	9397
11°	1908	41°	6561	71°	9455	11°	1944	41°	8693	56°	1,4826	79°	1908	49°	6561	19°	9455
12°	2079	42°	6691	72°	9511	12°	2126	42°	9004	57°	1,5399	78°	2079	48°	6691	18°	9511
13°	2250	43°	6820	73°	9563	13°	2309	43°	9325	58°	1,6003	77°	2250	47°	6820	17°	9563
14°	2419	44°	6947	74°	9613	14°	2493	44°	9657	59°	1,6643	76°	2419	46°	6947	16°	9613
15°	2588	45°	7071	75°	9659	15°	2679	45°	1,0000	60°	1,7320	75°	2588	45°	7071	15°	9659
16°	2756	46°	7193	76°	9703	16°	2867			61°	1,8040	74°	2756	44°	7193	14°	9703
17°	2942	47°	7314	77°	9744	17°	3057			62°	1,8810	73°	2942	43°	7314	13°	9744
18°	3090	48°	7431	78°	9781	18°	3249			63°	1,9630	72°	3090	42°	7431	12°	9781
19°	3256	49°	7547	79°	9816	19°	3443			64°	2,0500	71°	3256	41°	7547	11°	9816
20°	3420	50°	7660	80°	9848	20°	3640			65°	2,1450	70°	3420	40°	7660	10°	9848
21°	3584	51°	7771	81°	9877	21°	3839			66°	2,2460	69°	3584	39°	7771	9°	9877
22°	3746	52°	7880	82°	9903	22°	4040			67°	2,3560	68°	3746	38°	7880	8°	9903
23°	3907	53°	7986	83°	9925	23°	4245			68°	2,4750	67°	3907	37°	7986	7°	9925
24°	4067	54°	8090	84°	9945	24°	4452			69°	2,6050	66°	4067	36°	8090	6°	9945
25°	4226	55°	8192	85°	9962	25°	4663			70°	2,7470	65°	4226	35°	8192	5°	9962
26°	4384	56°	8290	86°	9976	26°	4877			71°	2,9040	64°	4384	34°	8290	4°	9976
27°	4540	57°	8387	87°	9986	27°	5095			72°	3,0780	63°	4540	33°	8387	3°	9986
28°	4695	58°	8480	88°	9994	28°	5317			73°	3,2710	62°	4695	32°	8480	2°	9994
29°	4848	59°	8572	89°	9998	29°	5543			74°	3,4870	61°	4848	31°	8572	1°	9998
				90°	1,0000					75°	3,7320					0°	1,0000

Б Рисунок

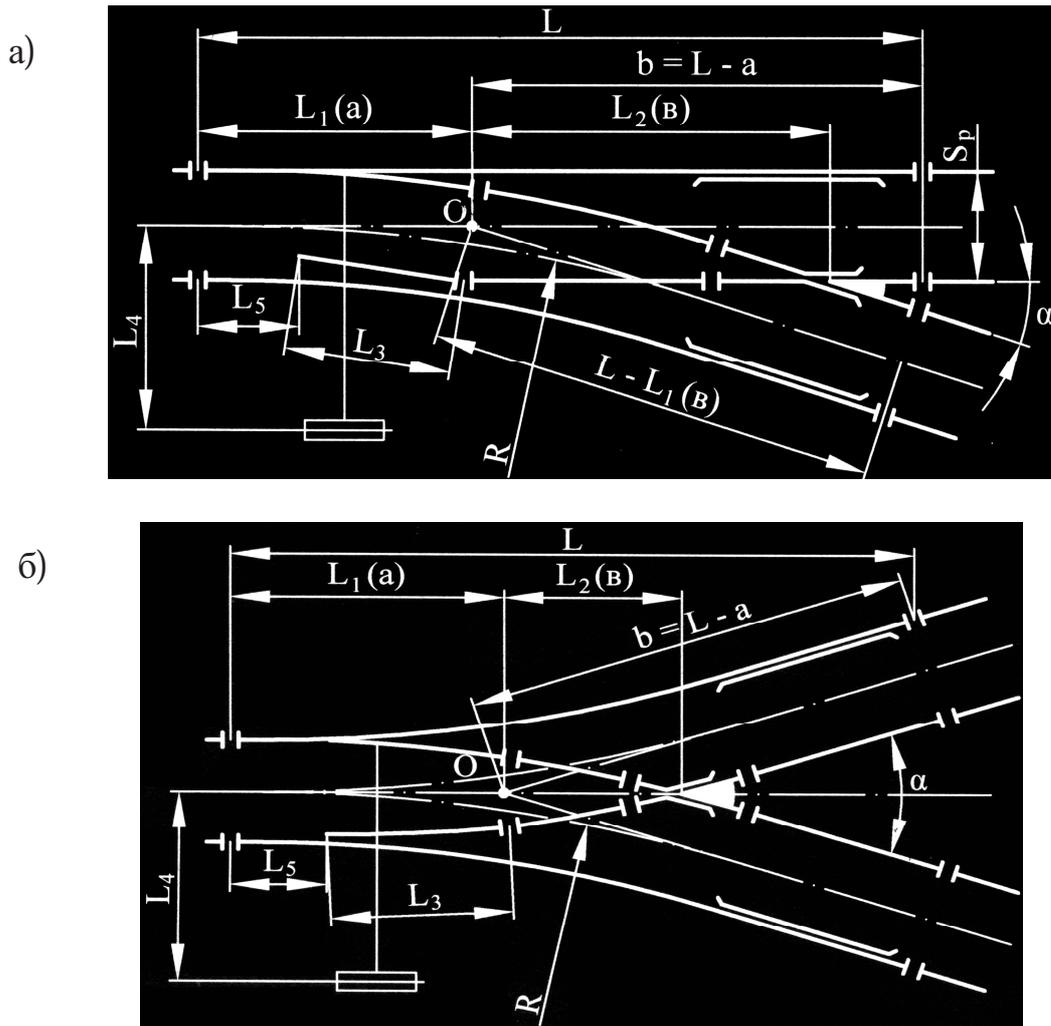


Рис. 1. Схеми стрілкових переходів: а – однобічного; б – симетричного

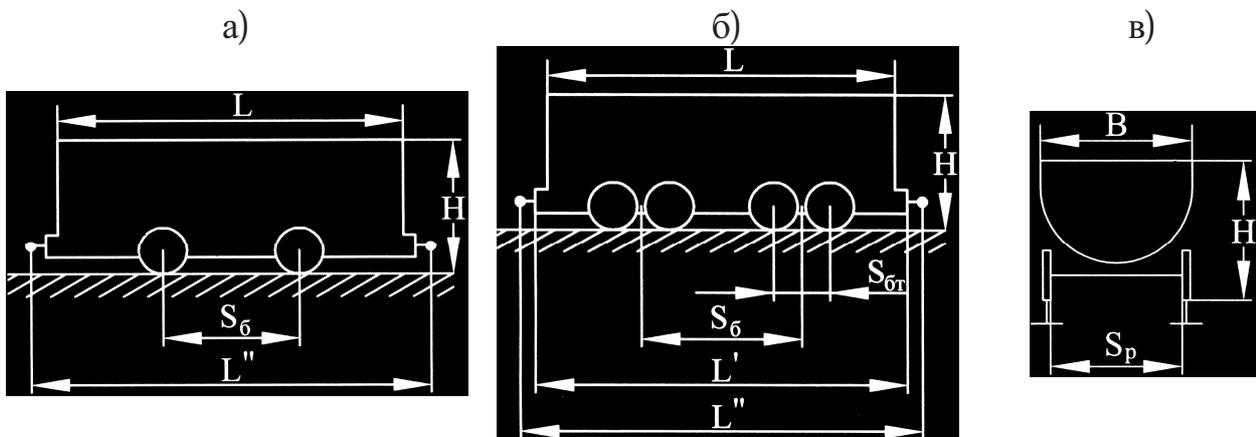


Рис. 2. Основні розміри вагонетки, мм: L – довжина кузова, L' – довжина по буферах, L'' – довжина з розтягнутими зчіпками, H – висота, B – ширина, S_{δ} – жорстка база вагонетки, $S_{\delta т}$ – жорстка база візка, S_p – рейкова колія

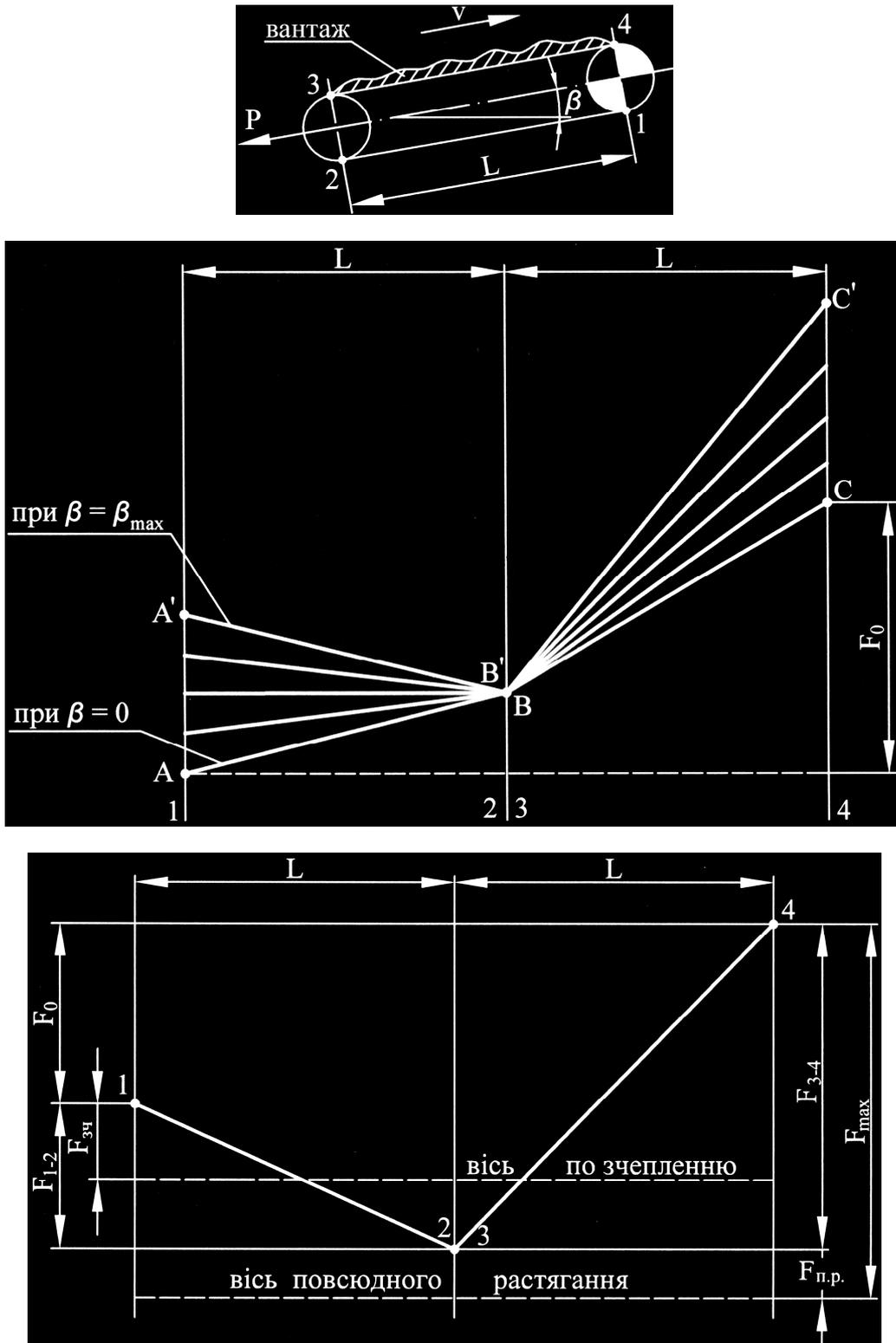


Рис. 3. Можливі види діаграм натягів конвеєрної стрічки на ухилі (привід угорі) залежно від кута нахилу конвеєра. Всі режими тягові. Вісь по зчепленню $F_{зб.min}$ відкладається завжди від точки збігання, вісь повсюдного розтягання $F_{ем.min}$ (вісь обмеження прогину між роликami на навантаженій гілці) – завжди від точки з найменшим натягом на навантаженій гілці

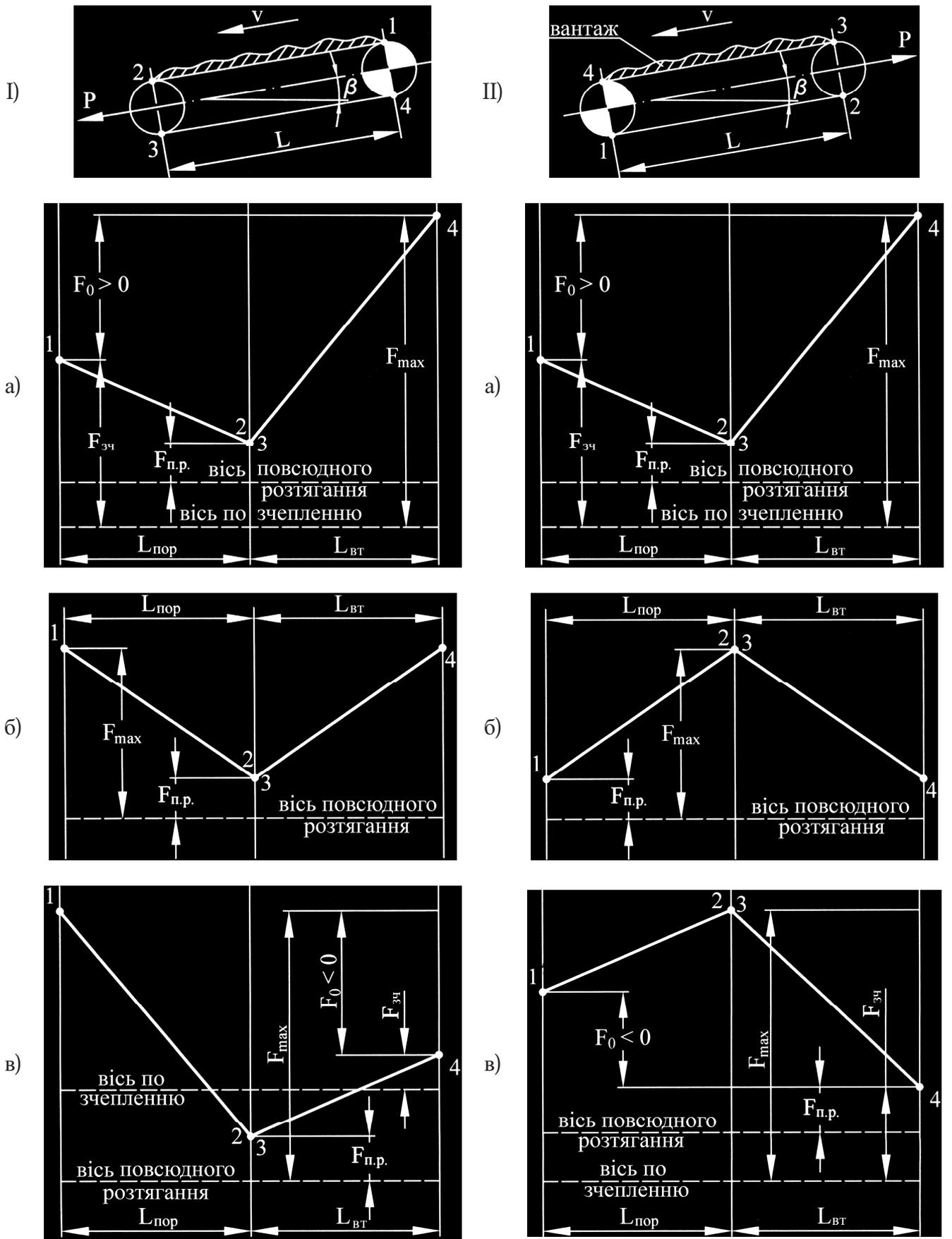


Рис. 4. Зміна вигляду діаграми натягу стрічки завантаженого бремсбергового конвеєра залежно від місця розташування приводу й кута β

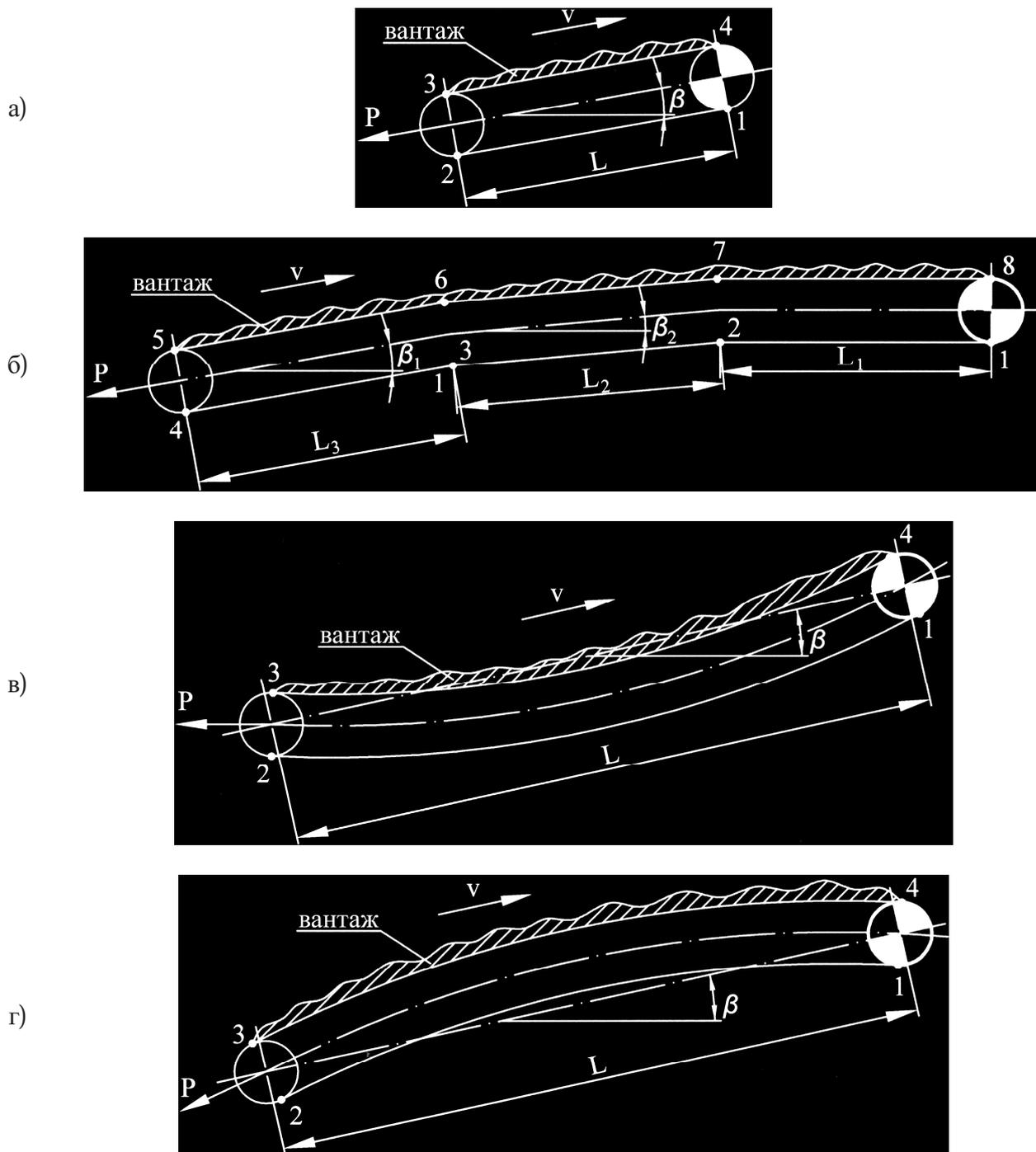


Рис. 5. Схеми до визначення розрахункової довжини L конвеєрів з непрямолінійними профілями: а – прямолінійний; б – ламаний; в – увігнутий; г – опуклий профілі

В Домашні завдання

Задача 1.1. Гранулометричний склад насипних вантажів шахт

Кожному студенту в табл. 1.1 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Для рішення задачі необхідно знати: визначення “гранулометричний склад насипного вантажу”; поняття – “розмір куска” і спосіб його визначення; за якою ознакою вантажі діляться на рядові й сортовані;

– поняття – “характерний розмір куска” для рядових вантажів і “середній розмір куска” для сортованих вантажів;

– які мінімальні розміри ширини стрічки допускаються залежно від розміру куска (характерного або середнього).

Таблиця 1.1

Вихідні дані й завдання (питання)

№ задачі	Задані величини і що необхідно визначити								
	a_{max} , мм	a_{min} , мм	a_{cp} чи $a_{хар}$, (a) мм	Маса проби всього $m_{пр}$, кг	Маса кусків від a_{max} до $0,8a_{max}$, кг	Мінімальна ширина стрічки конвеєра, мм	Відношення a_{max}/a_{min}	% маси кусків від a_{max} до $0,8a_{max}$	Примітка
1	200	50	?	100	20	?	?	?	
2	100	20	?	100	9	?	?	?	
3	?	30	?	150	20	?	5	?	
4	210	?	?	200	15	?	3	?	
5	?	50	?	?	25	?	4	10	
6	150	40	?	150	10	?	?	?	
7	170	40	?	150	10	?	?	?	
8	150	100	?	150	30	?	?	?	
9	200	100	?	200	40	?	?	?	
10	?	20	?	100	20	?	5	?	
11	150	?	?	200	50	?	3	?	
12	?	100	?	?	20	?	4	12	
13	200	40	?	125	20	?	?	?	
14	200	50	?	200	100	?	?	?	
15	200	10	?	100	40	?	?	?	
16	150	25	?	150	40	?	?	?	
17	?	40	?	200	55	?	4	?	
18	170	?	?	250	50	?	2	?	
19	200	40	?	150	40	?	?	?	
20	300	50	?	200	40	?	?	?	
21	?	40	?	180	30	?	4	?	
22	200	?	?	240	40	?	3	?	
23	?	40	?	?	30	?	4	15	
24	170	40	?	180	40	?	?	?	
25	150	30	?	170	30	?	?	?	
26	200	10	?	200	50	?	?	?	
27	?	40	?	150	30	?	3	?	
28	250	?	?	150	40	?	4	15	
29	?	120	?	?	30	?	5	14	
30	180	50	?	110	30	?	?	?	
31	250	10	?	110	40	?	?	?	

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.

2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.

3. Студенти другої й наступних груп нумеруються аналогічно, але в *другому стовпці завдання до заданої цифри a_{max} додають подвійний номер групи, наприклад: стовпець 1, 2-6 – це друга група, шосте завдання; стовпець другий – $100 + 2 \times 2 = 104$ або $2-14$ і $200 + 28 = 228$.*

Задача 1.2 Щільність і вологість насипних вантажів шахт

Кожному студенту в табл. 1.2 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Для рішення задачі необхідно знати:

- визначення щільностей: щільність насипна й у цілику, гірської породи й суміші порід – гірської маси;
- визначення: коефіцієнт розпушення, відносна вологість, маса, вага.

Таблиця 1.2

Вихідні дані й завдання (питання)

№ задачі	Задані величини і що необхідно визначити									
	Об'єм породи в насипці $V, \text{ м}^3$	Щільність у цілику $\rho_{ц}, \text{ т/м}^3$	Щільність сухого в насипці $\rho, \text{ т/м}^3$	Коефіцієнт розпушення k_p	Відносна вологість W	Маса води в пробі $m_w, \text{ кг}$	Маса сухого в пробі $m_c, \text{ кг}$	Маса вологої проби $m_{cv}, \text{ кг}$	Щільність вологої проби $\rho_v, \text{ т/м}^3$	Примітка
1	?	2,5	1,5	?	?	100	1200	?	?	
2	1,7	?	1,6	1,4	?	200	?	?	?	
3	1,5	?	?	1,5	?	150	1500	?	?	
4	2,0	3,0	?	?	0,1	?	2000	?	?	
5	2,0	1,8	?	?	?	?	1700	1900	?	
6	2,2	1,5	?	?	?	?	2100	2500	?	
7	1,0	2,6	?	2	?	?	?	1500	?	
8	2,0	?	1,0	1,5	0,08	?	?	?	?	
9	?	3,0	1,7	?	?	150	2000	?	?	
10	1,9	?	1,7	1,5	?	250	?	?	?	
11	1,7	?	?	1,7	?	200	2000	?	?	
12	1,8	2,5	?	?	0,15	?	2100	?	?	
13	?	2,2	1,1	?	?	150	1500	?	?	
14	1,5	?	1,3	1,5	?	200	?	?	?	
15	1,7	?	?	1,4	?	200	1700	?	?	
16	2,0	4,0	?	?	0,08	?	2000	?	?	
17	1,8	1,5	?	?	?	?	1800	2100	?	
18	1,5	2,0	?	2	?	?	?	1800	?	
19	1,8	?	1,1	1,4	0,06	?	?	?	?	
20	1,9	?	1,5	1,3	?	150	?	?	?	
21	1,9	2,0	?	?	0,05	?	2100	?	?	
22	?	2,3	1,2	?	?	180	1800	?	?	
23	1,4	?	1,5	1,4	?	180	?	?	?	
24	1,6	?	1,0	1,5	?	150	1500	?	?	
25	1,8	3	?	?	0,08	?	2000	?	?	
26	1,6	1,8	?	1,4	?	?	?	2200	?	
27	2	?	1,7	1,4	?	140	?	?	?	
28	?	2	1,1	?	?	120	1500	?	?	
29	1,7	2,5	?	?	0,06	?	2000	?	?	
30	1,5	1,7	?	1,5	?	150	?	?	?	
31	?	1,8	1,2	?	?	170	1600	?	?	

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в сьомому стовпці завдання (маса води в пробі) до заданої цифри m_w додається число, рівне подвоєному номеру групи. Якщо в цьому стовпці стоїть питання – завдання залишається без зміни.

Задача 2.1 Надійність транспортної машини і послідовного ланцюга машин

Кожному студенту в табл. 2.1 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Пояснення до умов завдання:

Дане завдання складається із двох частин: 1 – для однієї машини; 2 – для ланцюга послідовно встановлених машин.

Для рішення першої частини задачі в табл. 3.1 наведені значення часу (у годинах) напрацювання між відмовами й час відновлення кожної відмови для однієї машини. Визначається середнє значення $t_{відм}$ і $t_{рем}$ і далі – за завданням. Для рішення другої частини задачі необхідно вважати, що значення (колонки 2-6 і 7-11) зазначених вище величин часу – це середні значення напрацювання й відновлення для кожної машини в ланцюзі (кількість машин у ланцюзі дорівнює кількості відрізків часу). І в першій (для однієї машини), і в другій (для ланцюга машин) частині задач необхідно визначити: частоту відмов λ (відм/год), імовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу $P(t)$ (три відрізки часу t , однакові для машини й ланцюга машин приймаються рівними: $0,5t_{відм}$; $t_{відм}$; $1,5t_{відм}$), коефіцієнти готовності (k_g) і ремонтпридатності ($k_{рем}$), імовірність знаходження машини в будь-який момент часу в працездатному стані.

Таблиця 2.1

Задані величини

№	Час напрацювання, год					Час відновлення, год					Знайти				
	t'_1	t'_2	t'_3	t'_4	t'_5	t''_1	t''_2	t''_3	t''_4	t''_5	$T_{відм.м}$	λ_m	$P(t)_m$	$k_{г.м}$	$k_{р.м}$
											$T_{відм.лц}$	$\lambda_{лц}$	$P(t)_{лц}$	$k_{г.лц}$	$k_{р.лц}$
1	3	5	8	12	10	0,5	1	0,2	2	0,3					
2	4	2	10	13	8	1	,3	0,2	1	1					
3	10	11	8	13	14	1	1,5	2	0,8	0,3					
4	20	4	11	23	80	1	0,3	4	8	0,2					
5	70	80	40	50	30	0,5	0,7	3	5	0,5					
6	90	40	50	40	40	1	0,5	2	4	3					
7	50	20	30	40	50	1	2	3	2	1					
8	40	20	30	50	50	2	1	1	3	4					
9	50	60	70	60	50	2	1	3	4	1					
10	70	50	40	80	90	1	2	2	3	1					
11	60	50	40	20	70	2	1	1	1	0,5					
12	70	50	50	60	40	1	2	3	2	1					
13	80	70	60	70	80	1	2	3	4	5					
14	90	80	90	50	60	2	1	1	1	3					
15	100	90	20	40	70	1	2	1	2	3					
16	90	70	60	50	30	1	2	8	4	1					
17	80	70	90	70	50	1	2	3	4	1					
18	70	40	60	50	90	2	1	1	2	3					
19	60	40	30	60	70	1	1	1	2	3					
20	70	40	60	90	20	1	2	3	4	1					
21	45	60	85	25	75	1	1	2	2	3					
22	70	90	80	70	60	1	1	3	2	1					
23	80	90	100	90	50	1	1	4	2	3					
24	40	50	70	60	80	1	4	1	4	2					
25	60	70	90	80	80	2	3	4	2	3					
26	70	90	80	100	90	3	1	4	5	6					
27	40	50	60	90	50	4	1	3	2	4					
28	45	55	65	75	95	3	1	2	3	3					
29	90	80	50	70	60	2	2	1	1	3					
30	100	90	40	60	80	2	1	1	3	2					
31	110	100	70	70	80	5	1	7	3	2					

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга номер за списком. Цей один рядок перепишується в листок, де буде рішення. Останній з рішенням здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в другому стовпці завдання до заданої цифри t_1 додають подвійний номер групи, наприклад: для другої групи в першому стовпці 2-6, у другому $2 \times 2 + 90 = 94$, аналогічно для шостої групи: 6-14, $90 + 2 \times 6 = 102$ і т.д.

Задача 3.1. Продуктивність транспортних засобів безперервної дії

Кожному студенту в табл. 3.1 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Для рішення задачі необхідно знати формули обчислення продуктивності.

Таблиця 3.1

Вихідні дані й завдання (питання)

№	Задані величини і що необхідно визначити												
	$Q_{зм}$, т/зм	$Q_P=Q_T$, т/год	q , кг/м	m , кг	l , м	ρ , т/м ³	$S_{жс}$, м ²	$\psi_{жс}=\psi$	k	k_M	$t_{зм}$, год	v , м/с	При- мітка
1	?	?	?	5000	100	?	0,05	1	1,4	0,8	6	1	
2	?	?	?	5500	200	?	0,06	0,9	1,5	0,6	8	1,2	
3	?	?	?	6000	150	?	0,08	0,98	1,8	0,9	7	2,2	
4	?	?	?	4500	120	?	0,05	1	1,3	0,7	6	1,5	
5	?	?	?	5500	180	?	0,07	0,85	2	0,8	7	1,8	
6	1000	?	?	?	140	1	0,1	0,9	1,2	0,7	6	?	
7	1800	?	?	?	120	1,2	0,06	0,9	1,3	0,8	6	?	
8	1400	?	?	?	160	1,1	0,08	0,89	1,6	0,8	7	?	
9	1600	?	?	?	140	0,9	0,07	0,86	1,5	0,6	6	?	
10	1200	?	?	?	130	1,3	0,06	0,92	1,1	0,9	8	?	
11	1200	?	?	3000	?	?	0,08	1	1,2	0,7	7	2	
12	1300	?	?	4000	?	?	0,09	0,8	1,3	0,6	8	1,6	
13	1600	?	?	2300	?	?	0,1	0,9	1,6	0,8	5	1,6	
14	1800	?	?	6000	?	?	0,06	0,84	1,5	0,9	6	1,7	
15	1500	?	?	5000	?	?	0,08	0,95	1,3	0,7	8	2,2	
16	1800	?	?	?	200	0,85	?	0,9	1,5	0,8	6	1,5	
17	1200	?	?	?	120	1	?	0,89	1,8	0,6	7	1,2	
18	1200	?	?	?	180	1,2	?	0,75	1,5	0,8	8	2,2	
19	1300	?	?	?	140	1,1	?	0,9	1,3	0,6	5	1,5	
20	1600	?	?	?	120	0,9	?	0,85	1,9	0,9	6	1,8	
21	1000	?	?	4000	?	1	0,08	0,9	?	0,8	7	2	
22	1200	?	?	2300	?	0,85	0,07	0,89	?	0,7	8	1,5	
23	1300	?	?	6000	?	1	0,06	0,86	?	0,6	6	1,2	
24	1600	?	?	5000	?	1,2	0,08	0,92	?	0,8	7	2,2	
25	1000	?	?	4200	?	1,1	0,09	1	?	0,9	8	1,5	
26	1000	300	?	2000	?	1	0,05	?	?	0,8	6	1,5	
27	1800	200	?	4000	?	1,1	0,08	?	?	0,6	7	2,2	
28	1800	420	?	2300	?	0,9	0,07	?	?	0,8	8	1,5	
29	1500	340	?	6000	?	1	0,06	?	?	0,6	6	1,2	
30	1300	210	?	5000	?	0,85	0,08	?	?	0,9	7	2,2	
31	1600	230	?	4200	?	1	0,09	?	?	0,8	8	1,5	

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в *другому стовпці завдання до заданої цифри $Q_{зм}$, додають номер групи, помножений на 10.*

Задача 3.2. Продуктивність транспортних засобів періодичної дії

Кожному студенту в табл. 3.2 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Для рішення задачі необхідно знати формули обчислення продуктивності.

Таблиця 3.2

Вихідні дані й завдання (питання)

№	Задані величини і що необхідно визначити													
	$Q_{зм},$ т/зм	$Q_p=Q_T,$ т/год	$z,$ шт.	$m,$ кг	$T_p=T_{лц},$ с	$L,$ м	$v_x,$ м/с	$v_p,$ м/с	k_c	$\theta,$ с	k	$t_{зм},$ год	k_p	При- мітка
1	?	?	5	2000	?	1000	4	3	0,9	200	1,3	7	0,8	
2	?	?	8	1800	?	600	5	4	0,9	160	1,4	6	0,85	
3	?	?	12	1700	?	800	3	3	0,9	140	1,25	7	0,8	
4	?	?	15	1800	?	750	6	3	0,9	120	1,35	6	0,85	
5	?	?	17	2000	?	500	4	3	0,9	100	1,3	6	0,8	
6	1000	?	?	3000	?	2000	3	2	0,9	150	1,5	7	0,75	
7	850	?	?	2000	?	1600	4	3	0,9	100	1,35	6	0,8	
8	900	?	?	1900	?	1700	4	3	0,9	140	1,4	7	0,85	
9	670	?	?	3300	?	2100	5	4	0,9	160	1,6	6	0,75	
10	1200	?	?	2500	?	900	6	4	0,9	150	1,3	7	0,8	
11	1500	?	6	2000	?	400	3	3	0,8	180	1,35	6	0,8	
12	1600	?	10	1800	?	800	4	3	0,8	140	1,4	6	0,85	
13	1200	?	8	1000	?	900	3	2	0,8	100	1,3	7	0,8	
14	1000	?	15	3500	?	1600	5	4	0,8	130	1,25	7	0,85	
15	800	?	25	3000	?	2000	6	4	0,8	160	1,5	6	0,8	
16	1000	?	15	?	?	600	4	3	0,8	120	1,25	6	0,85	
17	1000	?	25	?	?	900	5	3	0,8	140	1,35	7	0,9	
18	1600	?	10	?	?	1200	3	3	0,8	180	1,3	7	0,8	
19	1200	?	30	?	?	1500	6	4	0,8	180	1,5	6	0,9	
20	850	?	35	?	?	750	4	2	0,8	200	1,2	6	0,8	
21	?	100	?	1800	?	1000	3	2	0,9	250	1,25	6	0,8	
22	?	300	?	3000	?	1100	5	3	0,9	180	1,3	7	1,9	
23	?	400	?	2000	?	3000	3	2	0,9	120	1,2	6	0,8	
24	?	200	?	2600	?	900	6	4	0,9	140	1,4	7	0,85	
25	?	180	?	4000	?	400	3	2	0,9	250	1,5	6	0,75	
26	600	200	?	2300	600	?	3	3	0,8	100	?	6	0,8	
27	1000	400	?	1800	500	?	5	4	0,8	120	?	7	0,8	
28	1600	620	?	3500	400	?	6	4	0,8	200	?	6	0,75	
29	1800	500	?	2500	800	?	3	2	0,8	130	?	7	0,85	
30	1900	420	?	2600	1200	?	4	3	0,8	150	?	7	0,9	
31	480	150	?	1900	350		3	2	0,8	100		6	0,8	

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга – номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в *одинадцятomu стовпці завдання до заданої цифри θ додають подвоєний номер групи.*

Задача 3.3. Резерв продуктивності транспортних засобів

Кожному студенту в табл. 3.3 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Для рішення задачі необхідно знати:

- що таке коефіцієнт резервів і чого він складається (з яких складових резерву);
- дві формули для обчислення коефіцієнта резерву.

Необхідно мати на увазі, що так звані нормативні величини – не що інше, як розрахункові, тобто ті, які були прийняті при виборі й розрахунку засобу транспорту.

Задачу 3.3 вирішити двома способами – через продуктивність і через коефіцієнти K^{ϕ} , K^{μ}_m , K^{μ} , K^{μ}_m .

Таблиця 3.3

Вихідні дані й завдання (питання)

№	Задані величини і що необхідно визначити													
	$Q^{\phi}_{зм}$, т/зм	$Q^{\mu}_{зм}$, т/зм	K^{ϕ}	K^{μ}	K^{ϕ}_m	K^{μ}_m	r	$t_{зм}$, год	t^{ϕ}_m , год	t^{μ}_m , год	Q^{ϕ}_{max} , т/год	$Q^{\phi}_{ср.зм}$, т/год	Q_T , т/год	При- мітка
1	?	?	1,5	1,3	0,8	0,9	?	6	?	?	350	?	500	
2	?	?	1,2	1,5	0,6	0,9	?	7	?	?	400	?	450	
3	?	?	1,3	1,8	0,7	0,9	?	7	?	?	320	?	480	
4	?	?	1,8	1,5	0,6	0,85	?	6	?	?	360	?	420	
5	?	?	2	1,5	0,9	0,8	?	6	?	?	350	?	550	
6	?	?	1,4	1,2	?	?	?	6	5	5	400	350	400	
7	?	?	1,9	1,6	?	?	?	6	5,4	5,2	330	320	420	
8	?	?	1,2	1,8	?	?	?	7	6,3	6,2	380	360	400	
9	?	?	1,8	1,5	?	?	?	7	6	5,7	420	400	500	
10	?	?	1,3	1,5	?	?	?	6	5,2	5,5	350	300	380	
11	?	?	1,5	1,3	?	?	?	6	4	5	300	?	400	
12	?	?	1,4	1,8	?	?	?	6	5	6,2	400	?	400	
13	?	?	1,9	1,5	?	?	?	6	5,4	5,7	330	?	420	
14	?	?	1,2	1,5	?	?	?	6	5,3	5,5	380	?	400	
15	?	?	1,8	1,3	?	?	?	7	6	5	420	?	500	
16	?	?	1,8	1,5	?	?	?	7	5	5	?	250	500	
17	?	?	1,8	1,6	?	?	?	6	5	5,7	?	350	400	
18	?	?	1,3	1,8	?	?	?	6	5,4	5,5	?	320	500	
19	?	?	1,5	1,5	?	?	?	7	6,3	5	?	360	380	
20	?	?	1,4	1,5	?	?	?	7	6	5	?	400	400	
21	1000	1500	?	?	?	?	?	6	4	5	350	?	500	
22	2000	2400	?	?	?	?	?	7	6	5,7	380	?	500	
23	2500	2800	?	?	?	?	?	7	5	5,5	420	?	400	
24	1800	2200	?	?	?	?	?	6	5	5	350	?	500	
25	1500	1800	?	?	?	?	?	6	5,4	5	300	?	380	
26	1200	?	1,5	1,2	0,8	?	?	6	?	5	?	?	500	
27	1500	?	1,5	1,5	0,7	?	?	7	?	6	?	?	450	
28	800	?	1,5	1,3	0,8	?	?	7	?	6	?	?	200	
29	2000	?	1,8	1,5	0,7	?	?	6	?	5,5	?	?	400	
30	2500	?	1,3	1,5	0,6	?	?	6	?	5	?	?	500	
31	1800	?	1,5	1,7	0,9	?	?	6	?	5	?	?	380	

Примітки:

1. Буквою “ ϕ ” позначені фактичні (досягнуті) значення, буквою “ μ ” – нормативні (розрахункові).
2. Значення $Q^{\phi}_{ср.зм}$ дано за t^{ϕ}_m .
3. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
4. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга – номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
5. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в чотирнадцятому стовпці завдання до заданої цифри Q_T додають подвійний номер групи.

Задача 4.1. Сила тяги для переміщення зосереджених вантажів

Кожному студенту в табл. 4.1 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Для рішення задачі необхідно знати:

- визначення коефіцієнтів тертя ковзання й опору руху;
- визначення понять: сила, вага, сила ваги, маса, інерція, швидкість, шлях, прискорення;
- розкладання сили ваги тіла, що перебуває на похилій площині на нормальну (перпендикулярно) і поздовжню (паралельно похилій площині) складові;
- три закони механіки (закони Ньютона), використовувати або скласти рівняння рівноваги (спокою або руху) тіла.

Таблиця 4.1

Вихідні дані й завдання (питання)

Задані величини і що необхідно визначити									При- мітка
№	Кут нахилу площини руху β , град.	Маса ванта- жу m , кг	Вага ван- тажу G , Н	Коефіцієнт опору руху ω	Напрямок і величина прикладення сили F , Н		Величина прискорення (уповільнення) руху a , м/с ²		
					вверх	вниз	ускорение -	замедление +	
1	5	100	?	0,3	200	-	?	?	
2	7	50	?	0,2	300	-	?	?	
3	12	120	?	0,4	210	-	?	?	
4	3	150	?	0,5	100	-	?	?	
5	30	70	?	0,3	500	-	?	?	
6	10	?	1000	0,4	-	200	?	?	
7	12	?	180	0,2	-	350	?	?	
8	20	?	560	0,5	-	310	?	?	
9	15	?	730	0,3	-	250	?	?	
10	25	?	100	0,4	-	500	?	?	
11	15	500	?	0,25	1000	-	?	?	
12	9	1000	?	0,3	580	-	?	?	
13	21	200	?	0,2	750	-	?	?	
14	15	730	?	0,4	1200	-	?	?	
15	6	260	?	0,5	800	-	?	?	
16	4	1500	?	?	5000	-	0,1	немає	
17	30	250	?	?	1200	-	1	немає	
18	12	1000	?	?	2200	-	1,2	немає	
19	7	700	?	?	2800	-	0,5	немає	
20	2	1300	?	?	350	-	1,5	немає	
21	0	100	?	?	500	-	0	немає	
22	0	300	?	?	1700	-	1,3	немає	
23	0	520	?	?	2300	-	0,2	немає	
24	0	140	?	?	750	-	2,3	немає	
25	0	750	?	?	3400	-	0,6	немає	
26	12	3000	?	0,1	500	-	?	?	
27	12	1000	?	0,4	2200	-	?	?	
28	12	200	?	0,2	2800	-	?	?	
29	12	730	?	0,5	350	-	?	?	
30	12	260	?	0,3	500	-	?	?	
31	12	1500	?	0,4	1700	-	?	?	

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга – номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але *в шостому (сьомому для 6-10 варіантів) стовпці завдання до заданої цифри F додають номер групи, помножений на 10.*

Задача 4.2. Сила тяги для переміщення розподілених вантажів на прямолінійних ділянках

Кожному студенту в табл. 4.2 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Для рішення задачі необхідно, крім зазначеного в задачі 4.1, знати:

- визначення лінійних (погонних) мас рухомих частин транспортного засобу й вантажу;
- визначення поняття “натяг” гнучкого тягового органа (відрізняти його від “напруження” і “сили тяги”).

Таблиця 4.2

Вихідні дані й завдання (питання)

Задані величини і що необхідно визначити														
№	Кут нахилу площини руху β , град	Довжина транспортування, L	Маса вантажу на довжині L		Лінійна маса		Коефіцієнт опору руху		Натяг тягового органа по кінцях відрізків		Рухається відрізок		Величина прискорення a , м/с ²	Примітка
			рух. частин гр. засобу m_0 , кг	вантаж $m_{вт}$, кг	рух. частин гр. засобу, q_0 , кг/м	вант. $q_{вт}$, кг/м	рух. частин гр. засобу W_0	вантаж $W_{вт}$	верхній, Н	нижній, Н	вгору	вниз		
1	2	100	2000	4000	?	?	0,6	0,5	10000	40000	?	?	?	
2	5	150	300	400	?	?	0,3	0,4	15000	20000	?	?	?	
3	10	50	100	200	?	?	0,1	0,1	500	1500	?	?	?	
4	3	200	700	600	?	?	0,2	0,3	16000	25000	?	?	?	
5	4	180	600	1000	?	?	0,4	0,5	12000	22000	?	?	?	
6	8	300	1200	20000	?	?	0,5	0,6	30000	50000	?	?	?	
7	5	100	500	800	?	?	0,3	0,5	600	1500	?	?	?	
8	12	130	400	1200	?	?	0,3	0,4	1000	2500	?	?	?	
9	2	130	250	2000	?	?	0,2	0,2	1200	2500	?	?	?	
10	5	80	?	?	20	50	0,4	0,5	7000	5000	?	?	?	
11	3	150	?	?	20	42	0,2	0,3	8000	3000	?	?	?	
12	4	150	?	?	15	60	0,5	0,3	5000	7000	?	?	?	
13	8	50	?	?	12	50	0,2	0,4	600	2500	?	?	?	
14	5	200	?	?	25	60	0,4	0,2	1000	2500	?	?	?	
15	7	180	?	?	14	75	0,5	0,5	1200	5000	?	?	?	
16	3	300	?	?	18	55	0,3	0,3	7000	3000	?	?	?	
17	5	100	?	?	21	56	0,3	0,1	8000	7000	?	?	?	
18	3	50	?	?	12	50	0,2	0,4	600	2500	?	?	?	
19	8	200	?	?	25	60	0,4	0,2	1000	2500	?	?	?	
20	2	100	2000	4000	?	?	0,6	0,5	10000	40000	?	?	?	
21	5	150	300	400	?	?	0,3	0,4	15000	20000	?	?	?	
22	3	50	100	200	?	?	0,1	0,1	500	1500	?	?	?	
23	4	200	700	600	?	?	0,2	0,3	16000	25000	?	?	?	
24	8	180	600	1000	?	?	0,4	0,5	12000	22000	?	?	?	
25	5	300	1200	20000	?	?	0,5	0,6	30000	50000	?	?	?	
26	7	100	500	800	?	?	0,3	0,5	600	1500	?	?	?	
27	3	130	400	1200	?	?	0,3	0,4	1000	2500	?	?	?	
28	12	130	250	2000	?	?	0,2	0,2	1200	2500	?	?	?	
29	4	180	600	1000	?	?	0,4	0,5	12000	22000	?	?	?	
30	0	300	1200	20000	?	?	0,5	0,6	30000	50000	?	?	?	
31	3	100	500	800	?	?	0,3	0,5	600	1500	?	?	?	

Примітки:

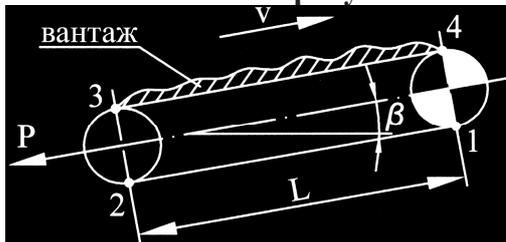
1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга – номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в *третьому стовпці завдання до заданої цифри L додають подвійний номер групи.*

Задача 5.1. Діаграма натягу гнучкого тягового органа

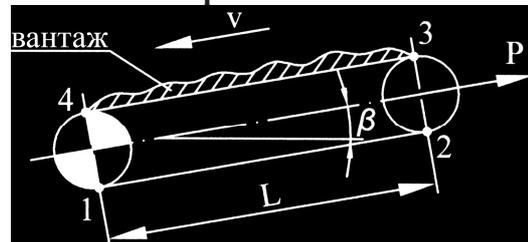
Кожному студенту в табл. 5.1 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Крім того, студент буде діаграму натягу гнучкого тягового органа, використовуючи наведену розрахункову схему й позначення.

Розрахункові схеми гнучкого тягового органа



а – нахил, привід вгори



б – бремсберг, привід вниз

Таблиця 5.1

Вихідні дані й завдання (питання)

№	Кут нахилу площини руху β , град.	Сила тяги гілок, кН		Сила в натяжній станції P , кН	Натяг у точках				Тягове зусилля привідного блока		Примітка
		F_{2-1}	F_{4-3}		$F_1=F_{3б}$	$F_2=F_3$	$F_4=F_{нб}$	Схема	$F_o(+)$ тяговий режим	$F_o(-)$ гальмівний режим	
1	0	8	15	20	?	?	?	а	?	?	
2	5	0	10	20	?	?	?	а	?	?	
3	10	-4	20	20	?	?	?	а	?	?	
4	15	-8	30	20	?	?	?	а	?	?	
5	18	-9	40	25	?	?	?	а	?	?	
6	0	?	?	?	15	30	40	а	?	?	
7	5	?	?	?	10	20	50	а	?	?	
8	10	?	?	?	10	5	35	а	?	?	
9	15	?	?	?	5	2	18	а	?	?	
10	18	?	?	?	7	3	21	а	?	?	
11	0	?	20	30	?	?	?	а	30	-	
12	5	?	10	20	?	?	?	б	25	-	
13	10	?	-30	25	?	?	?	б	30	-	
14	15	?	-15	15	?	?	?	б	20	-	
15	12	?	0	26	?	?	?	б	24	-	
16	5	?	?	20	10	10	?	а	30	-	
17	0	?	?	40	10	20	?	б	40	-	
18	5	?	?	50	15	25	?	б	10	-	
19	10	?	?	90	20	45	?	б	-	-20	
20	15	?	?	80	15	40	?	б	-	-40	
21	18	?	?	?	15	10	?	а	30	-	
22	5	?	?	?	15	25	?	б	30	-	
23	10	?	?	?	20	35	?	б	0	-	
24	15	?	?	?	10	30	?	б	-	-30	
25	18	?	?	?	10	35	?	б	-	-45	
26	0	?	30	26	?	?	?	б	40	-	
27	5	?	25	20	?	?	?	б	35	-	
28	10	?	8	40	?	?	?	б	30	-	
29	15	?	-20	50	?	?	?	б	0	-	
30	18	?	-45	90	?	?	?	б	-	-25	
31	3	?	30	80	?	?	?	б	45	-	

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга – номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в п'ятому стовпці завдання до заданої цифри G додають номер групи, помножений на 2.

Задача 6.1. Розрахункова потужність двигуна й розрахунковий коефіцієнт перевантажувальної здатності

Кожному студенту в табл. 6.1 (один рядок) наведені вихідні дані – цифри у відповідних стовпцях, а також завдання (питання), яке необхідно вирішити.

Усі приклади складені для тривалого циклічного режиму роботи двигуна. Крім розрахунку потужності двигуна (розрахункова потужність по еквівалентному тяговому зусиллю), студент визначає коефіцієнт перевантаження по максимальному тяговому зусиллю. При цьому, розрахункова потужність вважається номінальною (начебто двигун обраний за каталогом), а максимальне тягове зусилля для розрахунку коефіцієнта перевантаження приймається найбільшим із вхідних у розрахунок ефективної сили. У випадку одержання коефіцієнта перевантаження $\lambda > 1,8$, визначається інше таке значення розрахункової потужності, при якому $\lambda < 1,8$. Вважається, що двигуни із самовентиляцією й значення коефіцієнта $C_1 = 0, 25-0,35$, швидкість руху тягового органа приймається $v = 2-4$ м/с, а ККД $\eta = 0, 95-0,98$.

Таблиця 6.1

Вихідні дані й завдання (питання)

№	Значення величин тягового зусилля F кН, часу їх дії t с і часу паузи за цикл Θ с									Розрахункові значення		При- мітка
	F_1	t_1	F_2	t_2	F_3	t_3	F_4	t_4	Θ	Потужн. двигуна N_p , кВт	Коеф. перевант. здатності по тах силі тяги λ	
1	10	400	32	325	24	536	12	536	120	?	?	
2	5	150	25	320	52	503	14	503	240	?	?	
3	7	200	12	230	36	153	23	268	300	?	?	
4	12	320	4	400	12	126	50	536	120	?	?	
5	14	260	10	204	7	652	32	503	125	?	?	
6	23	120	25	253	4	356	25	153	142	?	?	
7	50	230	31	268	51	210	21	126	156	?	?	
8	32	500	7	536	26	320	24	652	325	?	?	
9	25	100	12	503	14	230	14	153	320	?	?	
10	12	120	14	268	23	400	23	126	230	?	?	
11	4	240	23	536	50	204	50	652	400	?	?	
12	10	300	50	503	32	253	32	356	204	?	?	
13	25	120	32	153	25	268	25	210	253	?	?	
14	31	125	25	126	21	536	12	320	268	?	?	
15	26	142	21	652	24	503	4	230	204	?	?	
16	15	156	24	356	52	253	10	400	253	?	?	
17	17	325	52	210	36	268	25	120	268	?	?	
18	33	320	36	400	12	536	31	240	536	?	?	
19	21	230	12	150	7	503	26	300	503	?	?	
20	24	400	7	200	4	153	15	120	268	?	?	
21	52	204	4	320	10	126	21	125	536	?	?	
22	36	253	51	260	25	652	24	142	503	?	?	
23	12	268	26	120	31	356	52	156	153	?	?	
24	7	536	15	230	7	210	36	325	126	?	?	
25	4	503	17	500	12	420	12	320	652	?	?	
26	51	153	33	100	14	153	7	356	356	?	?	
27	35	126	21	120	23	126	4	210	210	?	?	
28	60	652	24	126	50	652	51	400	400	?	?	
29	15	356	52	652	32	356	35	150	420	?	?	
30	32	210	36	356	25	210	15	200	153	?	?	
31	12	420	77	210	12	400	32	320	126	?	?	

Примітки:

1. Завдання – це рядок під тим же номером, що й номер студента за списком у журналі.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга – номер за списком. Цей один рядок перепишується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Студенти другої й наступних груп нумеруються так само, але в третьому стовпці завдання до заданої цифри t_1 додають номер групи, помножений на 10.

Задача 12.1. Розрахунок планування рейкових колій

Виконати планування рейкових колій для заданого варіанта схеми.

Кожному студенту першої групи потоку вихідні дані для варіанта схеми й розрахунку наведені одним рядком табл. 12.1, що додається (завдання на групу).

Завдання оформляється для здачі із двох частин – креслення, виконаного на аркуші ватману А2 і розрахункової записки, виконаної на декількох аркушах тонкого учнівського зошита в клітинку.

Розрахункова записка включає схеми всіх вузлів заданого варіанта (відгалуження колії убік, стрілковий трикутник, нормальне кінцеве з'єднання, закруглення шляху) та їх розрахунки. Схеми можна виконувати вручну, олівцем, розрахунки – ручкою будь-якого кольору. Оскільки у записці не повинно бути помарок, студент виконує спочатку її чорновий варіант, потім викреслює схему осі шляху й паралельно перевіряє правильність розрахунків, а потім робить чистовий варіант записки.

Креслення виконується м'яким олівцем у самостійно обраному стандартному масштабі таким чином, щоб аркуш ватману були повністю заповнений, а розміри, проставлені на кресленні, можна було перевірити лінійкою й транспортиром.

На кресленні вісь колії зображується суцільною лінією, а схеми стрілкових переводів виділяються стовщеними лініями. Схеми переводів виконуються в масштабі обов'язково.

Після креслення схеми рейкових колій на кресленні зображуються стінки виробок двома суцільними лініями, розташованими на відстані 1 мм одне від одного, а порода навколо них – звичайним штрихуванням, що позначає ґрунт. Оскільки вибір поперечного переріза виробки не наводиться, рекомендуються наступні розміри: ширина колії $S_p = 900$ мм, максимальна жорстка база $S_b = 1500$ мм, ширина рухомого состава $B = 1340$ мм, мінімальна відстань від рухомого состава до стінки виробки в поперечному перерізі на висоті 1500 мм – 250 мм і з боку проходу для людей – 700 мм, відстань між рухомим составом у двоколінійній виробці – 250 мм. Розширення смуги, зайнятої габаритами рухомого складу при його русі, – 300 мм. При виборі радіусів закруглень і марок стрілкових переводів уважати, що швидкість руху рухомого состава перевищує 1,5 м/с, тобто приймати $R_{\min} \geq 10 \cdot S_b$.

У тих випадку, коли для виконання завдання необхідно буде мати додаткові вихідні дані (крім заданих), студент приймає їх самостійно, а в записці поміщає обґрунтування.

Вихідні дані до завдання на планування рейкових колій

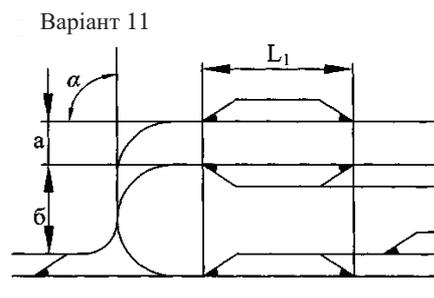
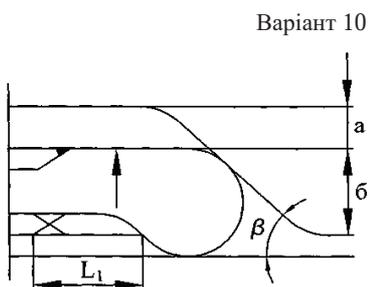
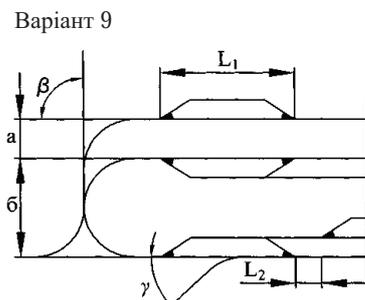
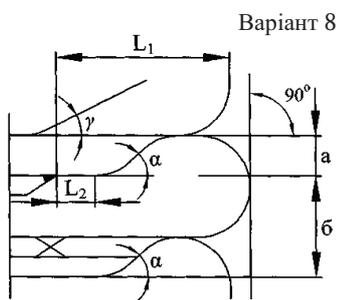
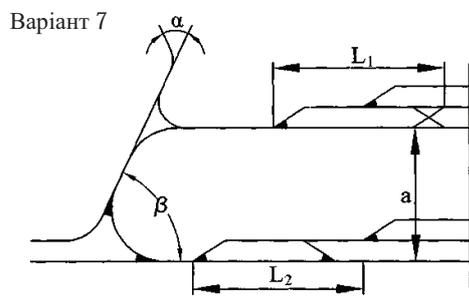
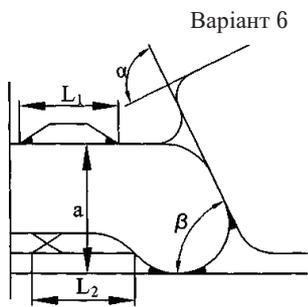
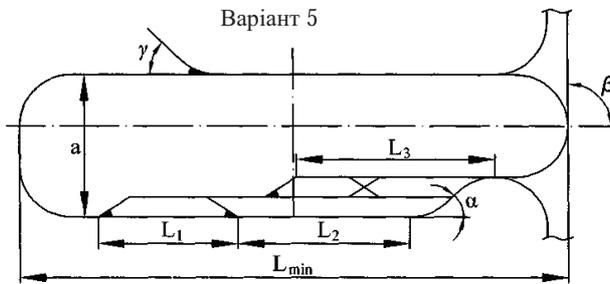
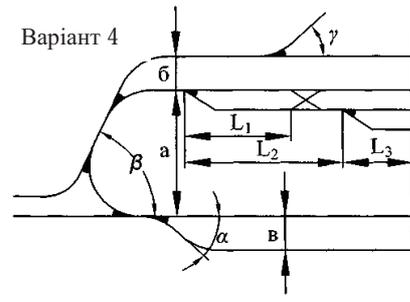
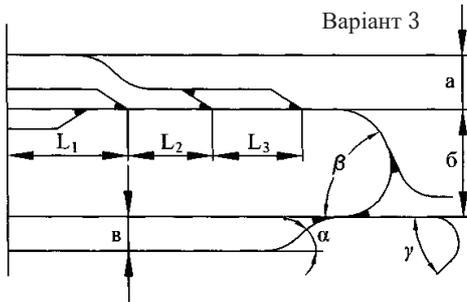
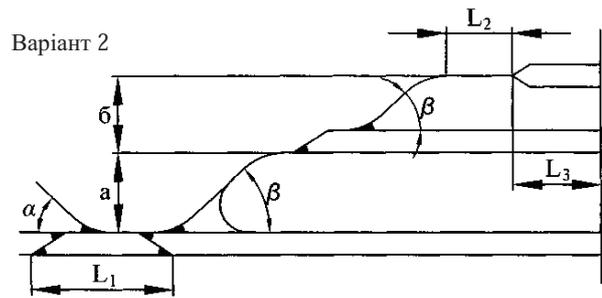
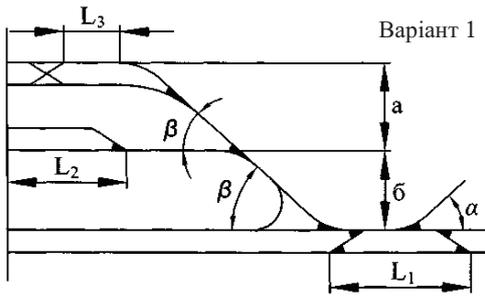
№ завдання	№ варіанта	Довжина, м						Кут, град.		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	L_1	L_2	L_3	α	β	γ
1	1	20	100	-	100	30	15	90	40	-
2	1	30	82	-	120	40	20	80	45	-
3	1	40	105	-	150	25	25	70	50	-
4	1	50	80	-	100	35	20	60	35	-
5	2	100	50	-	100	45	15	50	40	-
6	2	120	20	-	90	40	15	45	45	-
7	2	80	30	-	90	30	20	60	50	-
8	3	90	40	20	85	25	25	MX	80	60
9	3	45	50	25	95	35	20	MX	70	90
10	3	40	55	30	100	45	25	MX	60	80
11	3	50	40	45	105	40	15	MX	55	70
12	4	40	25	50	70	100	40	MX	75	40
13	4	50	20	40	80	110	50	MX	80	50
14	4	60	30	35	60	120	60	MX	60	60
15	5	50	-	-	150	100	70	MX	90	70
16	5	40	-	-	120	90	60	MX	80	80
17	5	35	-	-	140	80	50	MX	70	45
18	6	60	-	-	100	120	-	80	70	-
19	6	70	-	-	120	100	-	75	75	-
20	6	75	-	-	150	100	-	70	80	-
21	7	80	-	-	140	100	-	45	90	-
22	7	90	-	-	130	80	-	60	75	-
23	7	70	-	-	110	90	-	75	60	-
24	8	40	80	-	150	30	-	MX	90	45
25	8	50	100	-	140	20	-	MX	80	50
26	8	30	70	-	130	20	-	MX	70	60
27	9	60	100	-	100	20	-	90	90	45
28	9	70	90	-	90	30	-	80	80	50
29	9	80	80	-	110	40	-	70	70	60
30	10	30	90	-	100	-	-	-	60	-
31	10	40	80	-	90	-	-	-	70	-
32	10	50	100	-	80	-	-	-	80	-
33	11	40	90	-	90	-	-	70	-	-
34	11	30	80	-	80	-	-	80	-	-

Тут МХ позначає – максимально можливий, але не більше 90°.

Примітки:

1. Номер рядка завдання відповідає номеру студента в списку студентського журналу групи.
2. Студенти будь-якої групи у своїх рядках завдання в стовпці 1 ставлять подвійний номер, наприклад 1-6; 1-7 і т.д., тобто перша цифра – номер групи, друга – номер за списком. Цей один рядок переписується в листок, де буде рішення. Останній здається викладачеві на кожному занятті за попереднє заняття.
3. Для кожного студента наступних груп потоку – вибір здійснюється аналогічно, але до кожної цифри лінійних розмірів у рядку завдання додається: “5” – для другої групи, “10” – для третьої, “15” – для четвертої й т.д.

Схеми колій до задачі 12.1



Г Приклади рішень домашніх завдань

Задача 1.1. Гранулометричний склад насипних вантажів шахт

№ задачі	Задані величини і що необхідно визначити								
	a_{max} , мм	a_{min} , мм	$a_{ср}$ або $a_{хар}$, (а) мм	Маса проби всього $m_{пр}$, кг	Маса кусків від a_{max} до $0,8a_{max}$, кг	Мінімальна ширина стрічки конвеєра, м	Відношення a_{max}/a_{min}	% маси кусків від a_{max} до $0,8a_{max}$	Примітка
1-31	250	10	?	110	40	?	?	?	
			250			0,7	25	36	

Приклад рішення

Вид вантажу: $\frac{a_{max}}{a_{min}} = \frac{250}{10} = 25$; $25 \geq 2,5$ – вантаж рядовий.

Процент маси кусків від a_{max} до $0,8a_{max}$ у загальній масі $\frac{40}{110} \cdot 100 = 36\%$, тобто

характерний розмір $a_{хар} = a = a_{max} = 250$ мм.

Мінімальна ширина стрічки: $B_{min} = 2a_{max} + 200 = 2 \cdot 250 + 200 = 0,7$ м.

Задача 1.2. Щільність і вологість насипних вантажів шахт

№ задачі	Задані величини і що необхідно визначити									
	Обсяг породи в насипці V , м ³	Щільність у цілику ρ_u , т/м ³	Щільність сухого в насипці ρ , т/м ³	Коеф. розпушення k_p	Відносна вологість W , %	Маса води в пробі m_w , кг	Маса сухого в пробі m_c , кг	Маса вологої проби $m_{в.п}$, кг	Щільність вологої проби $\rho_{в.п}$, т/м ³	Примітка
1-31	?	1,8	1,2	?	?	170	1600	?		
	1,33			1,5	10,6			1770	1,327	

Приклад рішення

Обсяг породи в насипці $V = \frac{m_c}{\rho} = \frac{1600}{1,2} = 1333$ м³.

Коефіцієнт розпушення: $k_p = \frac{\rho_u}{\rho} = \frac{1,8}{1,2} = 1,5$.

Маса вологої проби $m_{в.п} = m_{с.п} + m_w = 1600 + 170 = 1770$ кг.

Відносна вологість: $W = \frac{m_w}{m_c} \cdot 100\% = \frac{170}{1600} \cdot 100 = 10,6\%$.

Щільність вологої проби: $\rho_{в.п} = \frac{m_{в.п}}{V} = \frac{1770}{1333} = 1,327$ т/м³

Задача 2.1. Показники надійності транспортної машини і послідовного ланцюга машин

№	Час напрацювання, ГОД					Час відновлення, ГОД					Знайти*				При- мітка	
	t'_1	t'_2	t'_3	t'_4	t'_5	t''_1	t''_2	t''_3	t''_4	t''_5	$t_{відм}^{ср}$	λ_m , відм/ ГОД	$P(t)_m$	$k_{г.м}$	$k_{р.м}$	машина
												$\lambda_{лц}$, відм/ ГОД	$P(t)_{лц}$	$k_{г.лц}$	$k_{р.лц}$	ланцюг машин
31	110	100	70	70	80	5	1	7	3	2	86	0,012	0,607 0,368 0,223	0,96	0,04	машина
											16,62	0,06	0,607 0,368 0,223	0,805	0,195	ланцюг машин

* $k_{г.м}$, $k_{г.лц}$, $k_{р.м}$, $k_{р.лц}$; λ_m , $\lambda_{лц}$; $P(t)_m$, $P(t)_{лц}$, – коефіцієнти готовності, ремонтпридатності, інтенсивність відмов та ймовірність безвідмовної роботи машини (м) і ланцюга машин (лц).

Приклад рішення

а) одна машина

Середній час напрацювання на відмову: $t_{відм} = \frac{110+100+70+70+80}{5} = 86$ год.

Середній час одного відновлення: $t_{рем} = \frac{5+1+7+3+2}{5} = 3,6$ год.

Середня частота (інтенсивність) відмов: $\lambda = \frac{1}{86} = 0,012$, відм/год.

Ймовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу $t_1 = 43$ год; $t_2 = 86$ год; $t_3 = 129$ год (з умови):

$$P(43) = e^{-\lambda t} = 43^{0,012} = 0,607; P(86) = 86^{0,012} = 0,368; P(129) = 129^{0,012} = 0,223.$$

$$\text{Коефіцієнт готовності: } k_g = \frac{t_{відм}}{t_{відм} + t_{рем}} = \frac{86}{86 + 3,6} = 0,96.$$

$$\text{Коефіцієнт ремонтпридатності: } k_{рем} = \frac{t_{рем}}{t_{відм} + t_{рем}} = \frac{3,6}{86 + 3,6} = 0,04, \text{ або } k_g + k_{рем} = 1,$$

звідки $k_{рем} = 1 - 0,96 = 0,04$.

б) ланцюг машин

За умовою кожний заданий час $t'_1, t'_2 \dots$ и... $t''_1, t''_2 \dots$ – це середній час напрацювання на відмову й відновлення кожної машини за загальний час спостереження відповідно, яка входить у послідовний ланцюг (у цьому випадку 5 машин).

Частота відмов кожної машини: $\lambda_1 = \frac{1}{t'_1} = \frac{1}{110} = 0,0091$ відм/год, аналогічно

$\lambda_2 = \frac{1}{100} = 0,01$ відм/год; $\lambda_3 = \frac{1}{70} = 0,0143$ відм/год; $\lambda_4 = 0,0143$ відм/год; $\lambda_5 = \frac{1}{80} = 0,0125$ відм/год.

Частота відмов ланцюга: $\lambda_{лц} = \sum_1^n \lambda_i$; $\lambda_{лц} = 0,0091 + 0,01 + 0,0143 + 0,0143 + 0,0125 = 0,06$ відм/год.

Час напрацювання на відмову ланцюга: $t_{відм.лц} = \frac{1}{\lambda_{лц}} = \frac{1}{0,06} = 16,622$ год.

Коефіцієнт готовності кожної машини в ланцюзі:

$$k_{e1} = \frac{t'_1}{t'_1 + t''_1} = \frac{110}{110 + 5} = 0,95; \text{ аналогічно } k_{e2} = 0,99; k_{e3} = 0,909; k_{e4} = 0,95; k_{e5} = 0,97.$$

Коефіцієнт готовності ланцюга машин:

$$k_{e.лц} = k_{e1} \cdot k_{e2} \cdot \dots \cdot k_{e5} = 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,901 \cdot 0,95 \cdot 0,97 = 0,805.$$

Коефіцієнт ремонтпридатності ланцюга машин: $k_{рем.лц} = 1 - 0,805 = 0,195.$

Імовірність безвідмовної роботи ланцюга машин протягом заданого часу: $t = 8,311$ год;
 $t = 16,622$ год; $t = 24,933$ год.

$$P(8,311) = e^{-0,06 \cdot 8,311} = 0,607;$$

$$P(16,622) = e^{-0,06 \cdot 16,622} = 0,368;$$

$$P(24,933) = e^{-0,06 \cdot 24,933} = 0,223.$$

Задача 3.1. Продуктивність транспортних засобів безперервної дії

№	Задані величини і що необхідно визначити												
	$Q_{зм},$ т/зм	$Q_p = Q_T,$ т/год	$q,$ кг/м	$m,$ кг	$L,$ м	$\rho,$ т/м ³	$S_{жк},$ м ²	$\psi_{жк} = \psi$	k	$k_M = k_p$	$t_{зм},$ год	$v,$ м/с	При- мітка
1-31	1600	230	?	4200	?	1	0,09	?	?	0,8	8	1,5	
			43,8		95,9			0,3	0,92				

Приклад вирішення

Лінійну масу вантажу можна одержати з: $Q_T = 3,6 \cdot q \cdot v$ (оскільки невідома довжина L)

$$q = \frac{Q_p}{3,6 \cdot v} = \frac{230}{3,6 \cdot 1,5} = 42,6 \text{ кг/м.}$$

Довжина транспортування визначається із лінійної маси вантажу: $q = \frac{m}{L}$;

$$L = \frac{m}{q} = \frac{4200}{42,6} = 98,6 \text{ м,}$$

$$k \text{ знайдемо з } Q_p = \frac{Q_{зм} \cdot k}{t_{зм} \cdot k_M} \text{ т/год, тоді } k = \frac{Q_p \cdot t_{зм} \cdot k_M}{Q_{зм}} = \frac{230 \cdot 8 \cdot 0,8}{1600} = 0,92.$$

Коефіцієнт заповнення теоретичного переріза ψ знайдемо з $Q_T = 3600 \cdot S_{ae} \cdot \psi \cdot \rho \cdot v.$

$$\psi = \frac{Q_T}{3600 \cdot S_{ae} \cdot \rho \cdot v} = \frac{1600}{3600 \cdot 0,09 \cdot 1 \cdot 1,5} = 0,3.$$

Задача 3.2. Продуктивність транспортних засобів періодичної дії

№	Задані величини і що необхідно визначити													
	$Q_{зм},$ т/зм	$Q_p = Q_T,$ т/год	$z,$ шт.	$m,$ кг	$T_p = T_{п},$ с	$L,$ м	$v_x,$ м/с	$v_p,$ м/с	$K_{ш}$	$\theta,$ с	k	k_p	$t_{зм},$ год	Примітка
1-31	480	150	?	1900	350	?	3	2	0,8	100	?	0,8	6	
			8			240					1,5			

Приклад рішення

Кількість судин у складі визначається з розрахункової продуктивності:

$$Q_T = Q_p = \frac{3,6 \cdot z \cdot m}{T} \text{ т/год};$$

$$z = \frac{Q_p \cdot T_u}{3,6 \cdot m} = \frac{150 \cdot 350}{3,6 \cdot 1900} = 7,65 \text{ шт.}, \text{ приймаємо } 8 \text{ шт.}$$

Із часу цикла $T = \frac{L}{k_\theta \cdot v_x} + \frac{L}{k_\theta \cdot v_p} + \theta$ знайдемо довжину маршрута L :

$$L = \frac{T - \theta}{\frac{1}{k_\theta \cdot v_x} + \frac{1}{k_\theta \cdot v_p}} = \frac{350 - 100}{\frac{1}{0,8 \cdot 3} + \frac{1}{0,8 \cdot 2}} = \frac{250}{0,416 + 0,625} \cong 240 \text{ м.}$$

Із $Q_{зм} = Q_p \cdot t_{зм} \cdot \frac{k_p}{k}$ знайдемо k : $k = Q_p \cdot t_{зм} \cdot \frac{k_p}{Q_{зм}} = \frac{150 \cdot 6 \cdot 0,8}{480} = 1,5$.

Задача 3.3. Резерв продуктивності засобів транспорту

№	Задані величини і що необхідно визначити													
	$Q_{зм}^f$, т/зм	$Q_{зм}^h$, т/зм	k^f	k^h	$k_{м}^f$	$k_{м}^h$	r	$t_{зм}$, год	$t_{м}^f$, год	$t_{м}^h$, год	Q_{max}^f , т/год	$Q_{ср.зм}^f$, т/год	Q_T , т/год	Примітки
1-31	1800	?	1,5	1,7	0,9	?	?	6	?	5	?	?	380	
		1113				0,83	0,62		5,4		500	333		

Приклад рішення

$$k_i^f = \frac{t_i^f}{t_{ср}} = \frac{5}{6} = 0,83; \quad Q_{зм}^h = \frac{Q_T \cdot t_{зм} \cdot k_{м}^h}{k^h} = \frac{380 \cdot 6 \cdot 0,83}{1,7} = 1118 \text{ т/зм}; \quad r = \frac{Q_{зм}^h}{Q_{зм}^f} = \frac{1118}{1800} = 0,62.$$

Якщо $r < 1$, то нормативні (розрахункові) значення k_h , k_i^f , k_i занижені.

При цьому $Q_{зм}^h < Q_{зм}^f$, що свідчить про відсутність резерву.

Фактичний робочий час $t_p = t_m = t_{зм} \cdot k_{м}^f = 6 \cdot 0,9 = 5,4$ год.

Середня фактична годинна продуктивність $Q_{ср.зм}^f = \frac{Q_{зм}^f}{t_m^f} = \frac{1800}{5,4} = 333$ т/год.

Максимальна фактична годинна продуктивність $Q_{max}^f = Q_{ср}^f \cdot k^f = 333 \cdot 1,5 = 500$ т/год.

Завдання 4.1. Сила тяги для переміщення зосереджених вантажів

№	Задані величини і що необхідно визначити										Примітка
	Кут нахилу площини руху β , град.	Маса вантажу m , кг	Вага вантажу G , Н	Коефіцієнт опору руху ω	Напрямок і величина прикладення сили F , Н		Рухається тіло		Величина прискорення (уповільнення) руху a , м/с ²		
					вгору	вниз	вгору	вниз	прискорення +	уповільнен. -	
31	12	1500	?	0,4	1700	-	?	?	?	?	
			14715				-	-	-	-	
							-	-	-	-4,8	
							-	-	-	-2,9	

Приклад рішення

Вага вантажу $G = m \cdot g = 1500 \cdot 9,81 = 14715 \text{ Н}$.

Сила опору від тертя спрямована в бік, протилежний руху.

$$W = m \cdot g \cdot \omega \cdot \cos \beta = 1500 \cdot 9,81 \cdot 0,4 \cdot 0,98 = 5768 \text{ Н}.$$

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

$$T = m \cdot g \cdot \sin \beta = 1500 \cdot 9,81 \cdot 0,21 = 3090 \text{ Н}.$$

Вар. 1. Вантаж у стані спокою на похилій площині. У цьому випадку вантаж прагне зрушитися вниз і рівняння рівноваги: $T = F + W_{cn}$, звідки $W_{cn} = T - F = 3090 - 1700 = 1390 \text{ Н}$.

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

Вар. 2. Вантаж від зовнішньої сили (поштовху) рухається нагору. Після дії цієї сили й початку руху рівняння руху: $F = T + W + P_i$, звідки $P_i = F - T - W$.

$$\text{Оскільки } P_i = m \cdot a, \text{ то з } a = \frac{F - T - W}{m} = \frac{1700 - 3090 - 5768}{1500} = -4,8 \text{ м/с}^2.$$

Вар. 3. Вантаж від зовнішньої сили (поштовху) рухається вниз. Після дії сили, що штовхає, рівняння руху $T = F + W + P_u$, звідки аналогічно вар. 2 з

$$a = \frac{T - F - W}{m} = \frac{3090 - 1700 - 5768}{1500} = -2,9 \text{ м/с}^2.$$

Завдання 4.2. Сила тяги для переміщення розподілених вантажів на прямолінійних ділянках

Задані величини і що необхідно визначити														
№	Кути нахилу площини руху β , град.	Довжина транспортування, L , м	Маса, кг на довжині L , м		Лінійна маса		Коеф. опору руху		Натяг тягового органа по кінцях відрізка		Рухається відрізок		Величина прискорення a , м/с ²	Примітка
			рух. частин тр. засобу m_0 , кг	вантажів m_{em} , кг	рух. частин тр. засобу, q_0 , кг/м	вантажів q_{em} , кг/м	рух. частин тр. засобу ω_0	вантажів ω_{em}	верхній кінець, $F_в$, Н	нижній кінець, $F_н$, Н	вгору	вниз		
31	3	100	500	800	?	?	0,3	0,5	600	1500	?	?	?	
					5	8					-	-	-	

Приклад рішення

Лінійна маса: рухомих частин $q_0 = \frac{500}{100} = 5 \text{ кг/м}$; вантажів $q_{em} = \frac{800}{100} = 8 \text{ кг/м}$.

Поздовжня складова (спрямована вниз) ваги рухомих частин і вантажів

$$T = (m_0 + m_{em}) g \cdot \sin \beta = (800 + 500) \cdot 9,81 \cdot 0,05 = 638 \text{ Н}.$$

Сила опору від тертя при русі (спрямована проти руху)

$$W = (m_0 \omega_0 + m_{em} \omega_{em}) \cdot g \cdot \cos \beta = (500 \cdot 0,3 + 800 \cdot 0,5) \cdot 9,81 \cdot 0,998 = 5395 \text{ Н}.$$

Для руху нагору з постійною швидкістю ($a = 0$) повинна бути нагору прикладена сила

$$F' = T + W + F_н = 638 + 5395 + 1500 = 7593 \text{ Н}.$$

Ця сила більше прикладеної $F_в = 600 \text{ Н}$, тому вантаж нерухомий.

Для руху вниз аналогічно $F'' = F_в + W = 600 + 5395 = 5995 \text{ Н}$.

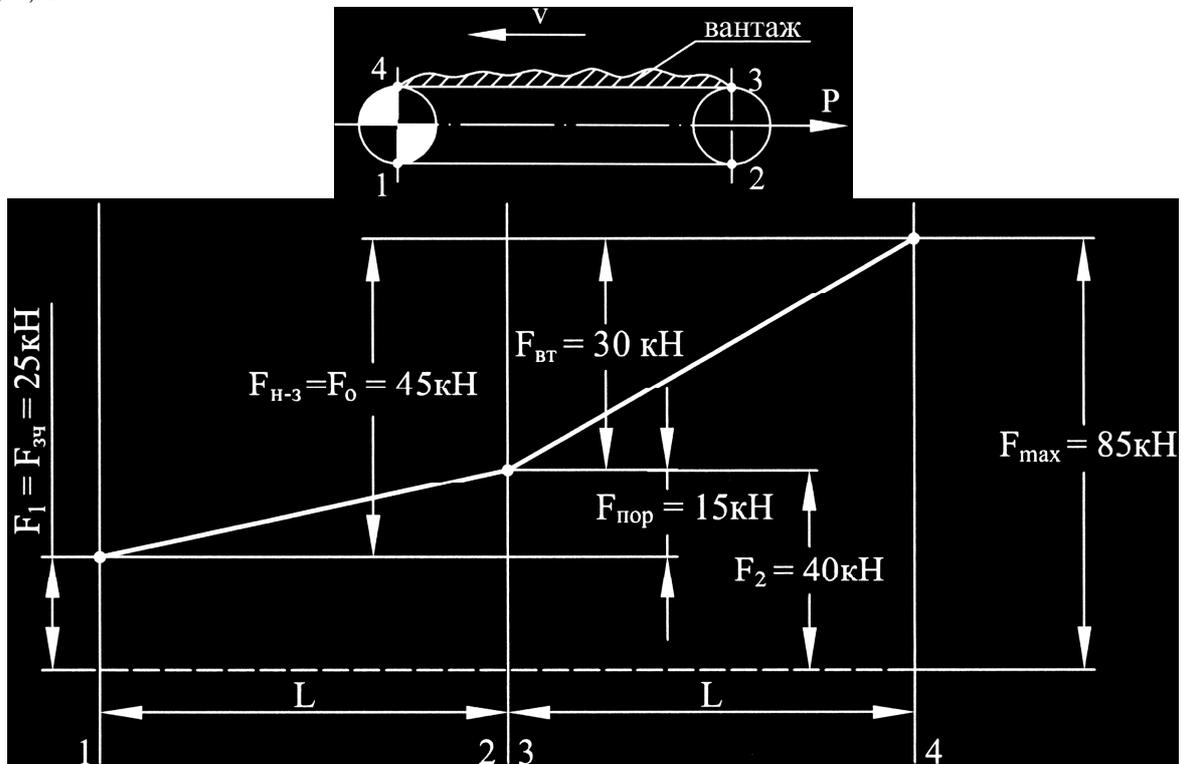
Прикладено вниз усього $F = F_н + T = 1500 + 638 = 2138 \text{ Н}$, отже, вантаж нерухомий.

Задача 5.1. Діаграма натягу гнучкого тягового органа

№	Кут нахилу площини руху β , град.	Сила тяги гілок, кН		Сила в натяжній станції P , кН	Натяг у точках, кН				Тягове зусилля приводного блока, кН		Примітка
		F_{2-1}	F_{4-3}		$F_1 = F_{36}$	$F_2 = F_3$	$F_4 = F_{нб}$	Схема	$F_o (+)$ тяговий режим	$F_o (-)$ гальмівний режим	
31	3	?	30	80	?	?	?	б	45	-	
		15			25	40	70	гориз.	+	-	

Приклад рішення

З аналізу даних значень сил тяги та натягів визначаємо, що конвеєр горизонтальний ($F_o > 0$, $F_{1-2} > 0$). Привід розташований у голові конвеєра (у кінці транспортування). Малюємо розрахункову схему й позначаємо характерні точки по ходу тягового органа: 1, 2, 3, 4.



Натяг у точках 2 і 3: $F_2 = F_3 = \frac{P}{2} = \frac{80}{2} = 40 \text{ кН}$.

Сила тяги порожньої гілки: $F_{пор} = F_{2-1} = F_o - F_{4-3} = 45 - 30 = 15 \text{ кН}$.

Натяг у точці набігання: $F_4 = F_3 + F_{4-3} = 40 + 30 = 70 \text{ кН}$.

Натяг у точці збігання: $F_1 = F_{36} = F_2 - F_{2-1} = 40 - 15 = 25 \text{ кН}$.

**Задача 6.1. Розрахункова потужність двигуна та
розрахунковий коефіцієнт перевантажувальної здатності**

№	Значення величин тягового зусилля F кН, часу їх дії t с і часу паузи за цикл Θ с									Розрахункові значення		Примітка
	F_1	t_1	F_2	t_2	F_3	t_3	F_4	t_4	Θ	Потужність двигуна N_p , кВт	Коефіцієнт перевантажувальної здатності по максимальній силі тяги λ	
31	12	420	77	210	12	400	32	320	126	?	?	
										66,9	2,93	

Приклад рішення

Еквівалентне тягове зусилля двигуна $F_e = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot t_1 + F_2^2 \cdot t_2 + \dots + F_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n + c_1 \cdot \theta}}$, кН;

$$F_e = \sqrt{\frac{F_1^2 \cdot t_1 + F_2^2 \cdot t_2 + F_3^2 \cdot t_3 + F_4^2 \cdot t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + c_1 \cdot \theta}} = \sqrt{\frac{12^2 \cdot 420 + 77^2 \cdot 210 + 12^2 \cdot 400 + 32^2 \cdot 320}{420 + 210 + 400 + 320 + 0,35 \cdot 126}} = 32,8 \text{ кН.}$$

$$\text{Потужність двигуна: } N = \frac{F_e \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{32800 \cdot 2,0}{1000 \cdot 0,98} = 66,9 \text{ кВт.}$$

номінальна швидкість тягового органа $v = 2,0$ м/с;

сумарна тривалість зупинок за цикл, $\Theta = 126$ с;

коефіцієнт корисної дії (ККД) $\eta = 0,98$;

Коефіцієнт перевантажувальної здатності по max силі тяги λ :

$$\lambda_{розр} = 1,25 \frac{F_{макс}}{F_{ном}}$$

Тут $\lambda_{розр}$ – розрахункове значення відношення максимального моменту до номінального (необхідна кратність моменту двигуна);

1,25 – коефіцієнт, що враховує зниження моменту двигуна через можливе спадання напруги в мережі;

F_{max} – максимальне тягове зусилля двигуна (приймається найбільше із вхідних у розрахунок ефективної сили F_e); $F_{max} = F_2 = 77$ кН;

$F_{ном}$ – номінальне тягове зусилля двигуна (за умовою задачі приймаємо рівним F_e).
 $F_{ном} = 32,8$ кН.

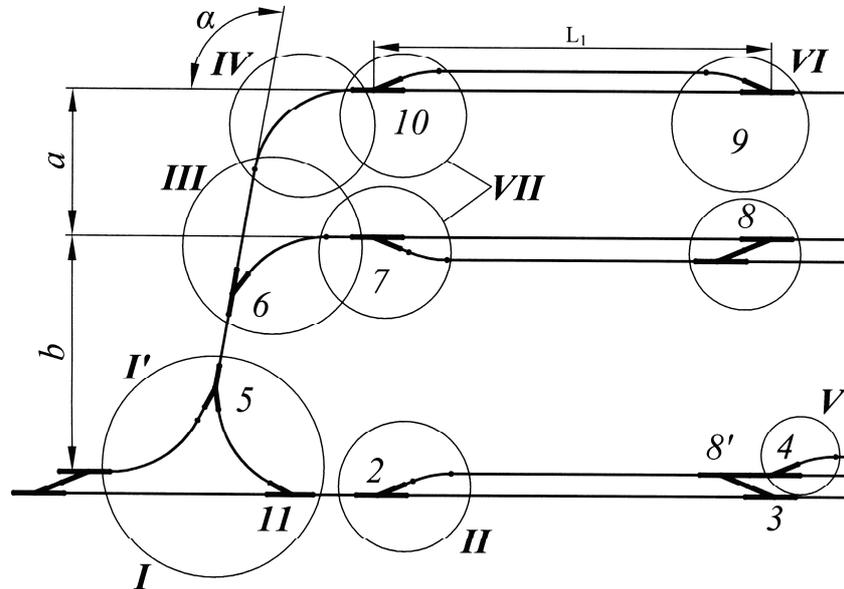
$$\lambda_{розр} = \frac{1,25 \cdot 77}{32,8} = 2,93.$$

Якщо за каталогом обраний двигун потужністю близько 70 кВт, і для нього перевантаження буде перевершувати допустиме, необхідно прийняти двигун більшої потужності й поррахувати для нього $F_{ном}$ і $\lambda_{розр}$.

Завдання 12.1. Розрахунок планування рейкових колій

№ завдання	№ варіанта	Довжина, м						Кут, град.		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>в</i>	L_1	L_2	L_3	α	β	γ
31	11	30	80	-	80	-	-	80	-	

Варіант 31



Алгоритм рішення

1. Додатково до заданих розмірів і кутів самостійно приймаємо $S_6 = 1500$ мм; $S_p = 900$ мм; $B = 1370$ мм; $V \geq 1,5$ м/с; $R_{\min} = 10 \cdot S_6 = 10 \cdot 1500 = 15$ м (при $v \geq 1,5$ м/с). Можна приймати $R_{\min} = 7$; $S_6 = 7 \cdot 1500 = 10,5$ м ≈ 11 м (при $v < 1,5$ м/с.)

2. На заданій схемі нумеруються всі стрілкові переводи, складається їх перелік (після вибору) і кількість у таблиці.

Найменування переводу	Схема	№№ на заданій схемі	Основні розміри				
			<i>a</i>	<i>в</i>	α	<i>R</i>	<i>M</i>
Однобічний, правий ПШО-933		6,7,9,11	4264	5852	22,6	20	1/5
Однобічний, лівий ПШО-933		4,2,10	4264	5852	22,6	20	1/5
Симетричний ПШС-933		5	4256	5824	22,6	40	1/5
З'їзд лівий		1 - 1'; 8 - 8'	Складений із двох однобічних лівих				
З'їзд правий		3 - 3'	Складений із двох однобічних правих				

3. Вибираються з довідника необхідні стрілкові переводи та їх основні розміри, необхідні для планування рейкових колій. Тут радіус стрілкової кривої $R_{ст.кр.} \geq R_{min}$.

4. Уся схема розбивається на вузли сполучень рейкових колій для розрахунку планування кожного з них. Наприклад, розглянута схема складена з таких вузлів:

– нормальне кінцеве з'єднання двох колій в одну (під кутом стрілкового перевodu): вузли II, V, VI, VII.

До відомих уже величин, що дозволяють виконувати планування цього вузла, визначається ще мінімальна відстань між осями шляхом $\tau = B + 250 = 1370 + 250 = 1620$ мм. Якщо при такому значенні τ виявиться, що допустимо мінімальним радіусом з'єднати дві колії в одну не можна, визначається нове, більше чим τ , значення τ' , що забезпечує криву з мінімально допустимим радіусом;

– відгалуження колії убік: вузли I, III;

– поворот (закріплення колії): вузли I, IV.

5. Виконується розрахунок планування кожного вузла; визначаються габаритні розміри кожного з них і за допомогою прямолінійних ділянок викреслюється в масштабі схема колій із забезпеченням заданих розмірів a , b , L та ін. У випадках, якщо в зазначені розміри вузли з'єднання колій не вміщаються, задані розміри збільшуються до мінімально необхідної величини.

6. На схемі колій викреслюється габарити виробок, таким чином, щоб при русі локомотивів і вагонеток на кривих і стрілкових переводах зазори між їх габаритами по ширині не були менше 250 мм.

Рекомендована література

1. Транспорт на горных предприятиях / Под общ. ред. проф. Б.А. Кузнецова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1976. – 552 с.
2. Транспорт на гірничих підприємствах: Підручник для вузів. – 3-є вид. / Заг. редагування доповнень та змін проф. М.Я. Біліченка – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 636 с.
3. Основи теорії та розрахунки засобів транспортування вантажів шахт: Навч. посібник / М.Я. Біліченко – Д., НГА України, 2002. – 103 с.
4. Подземный транспорт шахт и рудников: Справочник / Под общ. ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова. – М.: Недра, 1985. – 565 с.
5. Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт. – М., ИГД им. Скочинского, 1985. – 356 с.
6. Машины и оборудование для угольных шахт: Справочник / Под ред. В.Н. Хорина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 424 с.
7. Комплект № 1, 2, 3 методических указаний к лабораторным работам и учебных пособий (кафедра рудничного транспорта).
8. Методические указания к самостоятельной работе по теме “Расчет ленточного конвейера” для студентов специальности 09.02 “Подземная разработка месторождений полезных ископаемых” / Сост.: Н.Я. Биличенко, Г.М. Широков. – Д.: ГГА Украины, 1994. – 48 с.
9. Расчет шахтного электровозного транспорта: Учеб. пособие / А.А. Ренгевич, М.К. Мехеда. – К.: УМК ВО, 1988. – 56 с.
10. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт / Упоряд.: В.О. Салов, О.М. Кузьменко, В.І. Прокопенко. – Д., НГА України, 2000. – 52 с.

Навчальне видання

Біліченко Микола Якович
Коровяка Євгеній Анатолійович
Дьячков Павло Анатолійович
Расцветаєв Валерій Олександрович

ЗБІРНИК ЗАДАЧ
З ДИСЦИПЛІНИ “ОСНОВИ ТЕОРІЇ ТРАНСПОРТУ”

Редактор С.П. Іванов

Підписано до друку 00.00.07. Формат 30x42/4.
Папір Captain. Ризографія. Ум. друк. арк. 9,15.
Обл.-вид. арк. 9,15. Тираж 150 прим. Зам. № 000.

Підготовлено до друку та видруковано
у Національному гірничому університеті.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842.

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.