

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія

Кафедра Підйомно-транспортні, дорожні,  
меліоративні машини та обладнання

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних і самостійних робіт  
з дисципліни  
“Спеціальні види транспорту ”  
для студентів спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування»  
напрямок підготовки «Підйомно-транспортні, дорожні,  
меліоративні машини та обладнання»

Рекомендовано до використання  
в учбовому процесі засіданням  
кафедри ПТМ

Краматорськ 2018

УДК 622.6.002.5

Методичні вказівки до практичних і самостійних робіт з дисципліни “Спеціальні види транспорту ” (для студентів напрямку підготовки Підйомно-транспортні, дорожні, меліоративні машини та обладнання)/Укладач І.В.Крупко.

Краматорськ: ДДМА, 2018. – 72с.

Призначені для виконання дипломних та курсових проектів, розрахункових контрольних завдань, самостійної роботи, проведення практичних занять.

Укладач

І.В. Крупко, доц.

Відповідальний за випуск

М.Ю. Дорохов, доц.

## З М І С Т

1	Розрахунок підвісного конвеєра .....	51
1.1	Вихідні дані для розрахунку .....	51
1.2	Попередній розрахунок .....	52
1.3	Перевірочний розрахунок .....	55
1.4	Вантажний натяжний пристрій .....	58
2	Самостійна робота .....	59
	Список рекомендованої літератури .....	72

## 1 РОЗРАХУНОК ПІДВІСНОГО КОНВЕЄРА

Підвісним називається конвеєр з тяговим елементом у вигляді ланцюга або каната, до якого прикріплені каретки з підвісками для транспортування вантажу, що рухаються по підвішеному жорсткому шляху.

### 1.1 Вихідні дані для розрахунку

- 1 Схема траси з показанням висоти і довжини ділянок, місця і способу завантаження і розвантаження.
- 2 Маса, габарити і характеристика вантажів.
- 3 Характеристика і умови роботи конвеєра.
- 4 Продуктивність конвеєра.

### 1.2 Попередній розрахунок

Проектування підвісного конвеєру починається з вибору порядку розміщення вантажів на підвісці і підбору її конструкції у відповідності з виконуваним транспортно-технологічним процесом. Потім вибирається попередньо типорозмір ланцюга і каретки (табл. 10.2 [3]).

Позначення ланцюгів дивись §4.4[3]. Для просторових конвеєрів приміняють тягові розбірні ланцюги типу Р2 за ГОСТ 589-81 (табл. III.I.13[3] і дод. ХСП[4]), спеціальні пластинчасті ланцюги із збільшеним зазором в шарнірах і зварні круглоланкові за ГОСТ 2319-74(табл. III.I.10[3]).

Для прийнятого ланцюга вибирається зірочка.

Число зубців  $Z$  приводних зірочок приймають: для ланцюгів зварних – 16...24; пластинчастих – 8...20; розбірних – 6...20 ( $Z_{\min}=4$ ).

При виборі кроку ланцюга і числа зубців зірочки слід враховувати можливість проходження вантажів на поворотних зірочках.

В табл. 10.I[3] наводяться число зубців  $Z$ , діаметр ділильної окружності зірочок  $D_o$  (у міліметрах) і діаметр блоків для підвісних конвеєрів  $D_{\text{бл}}$  (у міліметрах).

Найменший крок підвісок  $a_n$  визначається виходячи із максимальних габаритних розмірів вантажів та їх вільного проходу на горизонтальних і похилих ділянках.

$$a_{n \min} \geq \frac{l_{\max} + \Delta}{\cos \beta_{\max}} ; \quad (1.1)$$

на вертикальних ділянках

$$a_{n \min} = h_{\max} + \Delta , \quad (1.2)$$

де  $\beta_{\max}$  – найбільший кут нахилу шляху на вертикальному перегині;

$l_{\max}$  – найбільша довжина вантажу в площині руху конвеєра з врахуванням розмірів підвіски;

$\Delta$  – мінімальний зазор між вантажами для вантажонесучих конвеєрів,

$\Delta = 0,15 \dots 0,2$  м, для штовхаючих конвеєрів  $\Delta = 0,2 \dots 0,3$  м;

$h_{\max}$  – найбільша висота вантажу з розрахунком розміру підвіски.

Розрахунковий крок підвісок  $a_{\pi}$  повинен бути кратним двом крокам ланцюга:

$$a_{\pi} = 2Zt \geq a_{\pi \min} \quad , \quad (1.3)$$

де  $Z = 1, 2, 3 \dots$ ;

$t$  – крок ланцюга.

Швидкість транспортування (швидкість руху ланцюга), м/с,

$$v = \frac{Za_{\pi}}{3600Z_B} \quad , \quad (1.4)$$

де  $Z$  – продуктивність, шт/год

$Z_B$  – кількість штук вантажу на підвісці.

Одержана за формулою (4.4) швидкість (у метрах за секунду) узгоджується з даними

табл. 10.7 [3] та з нормальним рядом швидкостей за ГОСТ 5946-79: 0,005; 0,00625; 0,0089; 0,01; 0,0125; 0,016; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05; 0,0625; 0,08; 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,32; 0,4.

Попереднє значення максимального натягу ланцюга конвеєра, Н,

$$S_{\max} = S_0 K_M + w(q_B L_B + q_0 L_X)(1 + K_M B) + q_B H \quad , \quad (1.5)$$

де  $S_0$  – мінімальний натяг ланцюга, Н;  $S_0 = 0,5 \dots 1$  кН;

$K_M = \varphi^x \xi^y \lambda^z$  – сумарний коефіцієнт місцевих опорів руху кареток по всій трасі;

$\varphi$ ,  $\xi$ ,  $\lambda$  – коефіцієнти опорів відповідно на вертикальному перегині, горизонтальному повороті на зірці або блоці та на роликовій батареї;

$x, y, z$  – кількість вертикальних перегинів, горизонтальних поворотів та роликових батарей відповідно;

$w$  – коефіцієнт опору руху на прямолінійних ділянках;

$q_B$ ,  $q_0$  – лінійні сили ваги вантажної та холостої віток, Н/м;

$L_B$ ,  $L_X$  – довжини горизонтальних проекцій завантаженої та холостої віток конвеєра, м;

$B$  – коефіцієнт, що залежить від числа поворотів та перегинів, а також їх розташування на трасі конвеєра:

$$B = 0,5 \text{ при } x + y + z \leq 5 \text{ і } B = 0,3 \text{ при } x + y + z > 5;$$

$H$  – найбільша висота підйому вантажу на трасі конвеєра, м.

Значення коефіцієнтів  $w$ ,  $\varphi$ ,  $\xi$ ,  $\lambda$  наведені в табл. 4.1, 4.2

Таблиця 1.1 – Коефіцієнти опору в руху кареток з шарикопідшипниками на прямолінійних ділянках в приміщеннях, що отоплюються

Умови роботи конвеєра	Навантаження на каретку, Н					
	100	200	500	1000	1500	2000
добрі	0,06	0,035	0,02	0,014	0,013	0,012
середні	0,08	0,045	0,026	0,02	0,018	0,016
тяжкі	0,10	0,056	(0,038)	(0,038)	(0,038)	(0,038)
			0,032	0,025	0,022	0,02
			(0,045)	(0,045)	(0,045)	(0,045)

Таблиця 1.2 – Коефіцієнти опору руху кареток на криволінійних ділянках підвісних конвеєрів під час роботи в приміщеннях, що отоплюються

Умови роботи	$\xi$		$\lambda$					$\varphi$		
	Кути повороту, град									
	90	180	до 30	45	60	90	180	до 20	35	45
Добрі	1,020	1,030	1,020	1,025	1,030	1,040	1,07	1,01	1,015	1,025
Середні	1,025	1,035	1,025	1,030	1,040	1,05	1,09	1,012	1,020	1,030
	(1,040)	(1,050)	(1,035)	(1,040)	(1,045)	(1,065)	(1,10)	(1,025)	(1,035)	(1,045)
Тяжкі	1,035	1,050	1,030	1,040	1,045	1,060	1,10	1,015	1,025	1,035
	(1,055)	(1,065)	(1,040)	(1,050)	(1,055)	(1,07)	(1,15)	(1,03)	(1,04)	(1,05)

В дужках наведені коефіцієнти опору під час роботи в приміщеннях, що неотоплюються, (температура до  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Характеристика умов роботи конвеєрів наводиться в табл. 10.10 [3].

Лінійна сила ваги на холостій гілці, Н/м,

$$q_0 \approx g(m_n/a_n + m_k/t_k + q_l), \quad (1.6)$$

де  $m_n$  і  $m_k$  – маса підвіски і каретки, (табл. 10.2[3] і додаток ХСІІІ[4]), кг;

$a_n$  – крок підвіски (4.3), м;

$t_k$  – крок каретки, м;

$q_l$  – погонна маса тягового елемента, кг/м (табл. ІІІ.І.13[3] і додаток ХСІ[4]).

Лінійне навантаження навантаженої гілки, Н/м,

$$q_b = q_0 + g m_b / a_n, \quad (1.7)$$

де  $m_b$  – маса корисного вантажу на підвісці, кг.

Вибраний типорозмір ланцюга перевіряють за умовою

$$S_{\max} \leq S_{\text{доп}},$$

де  $S_{\text{доп}}$  – допустиме навантаження на ланцюг за його несучою здібністю

$$S_{\text{доп}} = \frac{S_p K_{\text{тк}}}{K_{\text{и}} K_{\text{н}}}, \quad (1.8)$$

де  $S_p$  – руйнівне навантаження ланцюга (табл. III.I. [3]).

$K_{\text{тк}}$  – коефіцієнт, враховуючий властивості матеріалу ланцюга,  $K_{\text{тк}}=0,6...0,85$  (менше значення для незагартованої сталі, більше – для загартованої);

$K_{\text{и}}$  – коефіцієнт, враховуючий напружений стан ланки ланцюга:  $K_{\text{и}}=1,5...5$  (якщо ланки не підлягають згину  $K_{\text{и}}=1$ ; в останніх випадках  $K_{\text{и}}$  визначається розрахунком внутрішньої ланки на розрив і згин на горизонтальних поворотах і вертикальних перегибах; в середньому  $K_{\text{и}}=3$ );

$K_{\text{н}}$  – розрахунковий запас міцності за несучою здібністю ланцюга

$$K_{\text{н}}=K_1 K_2 K_3 K_4 K_5,$$

де  $K_1$  – коефіцієнт безпеки (для конвеєрів з одноплощинною трасою  $K_1=1$ ; з просторовою трасою при масі транспортуючих вантажів до 125 кг  $K_1=1,2$ ; при масі вантажів більше 125 кг  $K_1=1,5$ );

$K_2$  – коефіцієнт відповідальності конвеєра (для невідповідальних виробничих ліній  $K_2=1,2$ ; для конвеєра, обслуговуючого декілька ліній  $K_2=1,4...1,8$ );

$K_3$  – коефіцієнт зносу ланцюга  $K_3=1,4...1,8$  (більші значення – при більших термінах служби конвеєра в напруженому режимі роботи);

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує ступінь достовірності розрахункових і навантажувальних даних:  $K_4=1,2...1,3$ ;

$K_5$  – коефіцієнт динамічних навантажень, при швидкості конвеєра: до 0,083 м/с  $K_5=1$ ; при  $v=0,083...0,27$  м/с  $K_5=1,15$ ; при  $v > 0,27$  м/с  $K_5=1,25$ .

Якщо умова  $S_{\max} \leq S_{\text{доп}}$  не задовольняється, слід змінити типорозмір ланцюга і його крок підвісок та кареток і повторити розрахунок.

Допустимі зусилля в тяговому ланцюгу для підвісних вантажонесучих конвеєрів можна також визначити за табл.10.11.[3].

Потужність електродвигуна приводу конвеєра, кВт,

$$P = \frac{K_3 W_o' v_{\max}}{10^3 \eta}, \quad (1.9)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу:  $K_3=1,1...1,2$ ;

$W_o'$  – окружне зусилля на приводній зірочці, Н;

$v_{\max}$  – максимальна швидкість конвеєра, м/с;

$\eta$  – загальний ККД механізму привода конвеєра.

Окружне зусилля на приводній зірочці при попередньому розрахунку

$$W'_o = (S_{\max} - S_{\min}) \xi, \quad (1.10)$$

де  $\xi$  – коефіцієнт, що враховує опір на приводній зірочці (табл. 1.2).

За знайденою потужністю вибирається з каталогу двигун найближчої більшої потужності і типовий привод.

### 1.3 Перевірочний розрахунок

Для уточненого тягового розрахунку конвеєра необхідно визначити місцеположення точки з мінімальним натягом тягового ланцюга на трасі конвеєра і встановити його натяг  $S_{\min}$ .  $S_{\min}$  у конвеєра з просторовою трасою слід чекати на ділянці після найбільшого по висоті завантаженого спуску, а у горизонтального конвеєра – в точці збігання тягового елемента з приводної зірочки або блоку.

Тяговий розрахунок виконують методом обходу траси по точках. Для цього трасу конвеєра розбивають на окремі розрахункові ділянки (прямолінійні, підйоми, спуски, повороти та інші). Нумерацію точок, обмежуючих ці ділянки, звичайно починають від точки з мінімальним натягом. Після цього визначають місце знаходження приводу. Приводи бувають кутові і гусеничні.

Розрахунок починають від точки з найменшим натягом і продовжують до приводної зірочки в напрямку руху тягового елемента конвеєра, а також від точки з  $S_{\min}$  до точки збігання з приводної зірочки, проти напрямку руху тягового елемента (за необхідністю).

Натяг тягового елемента,  $H$ , в кінці горизонтальної прямолінійної ділянки

$$S_n = S_{n-1} + wq'l, \quad (1.11)$$

- для поворотної зірочки (блоку)

$$S_n = \xi S_{n-1}, \quad (1.12)$$

- для роликової батареї

$$S_n = \lambda S_{n-1}, \quad (1.13)$$

- для вертикального перегину

$$S_n = \varphi(\varphi S_{n-1} + wq'l \pm q'h), \quad (1.14)$$

де  $S_n$  та  $S_{n-1}$  – натяг в кінці і на початку ділянки, що розглядається,  $H$ ;

$q'$  – лінійне навантаження,  $H/m$  (для завантаженої вітки  $q' = q_b$ , для холодної  $q' = q_0$ );



$l$  – довжина горизонтальної проекції ділянки траси, м;  
 $h$  – висота ділянки, м (знак “+” під час підйому, “-” – спуску).

Коефіцієнти опору руху приймаються за таблицею 4.2. Будується діаграма натягу тягового елемента підвісного конвеєра. Потім за максимальним натягом і прийнятими радіусами вертикальних перегинів (табл. 4.3) визначається максимальне навантаження на каретку:

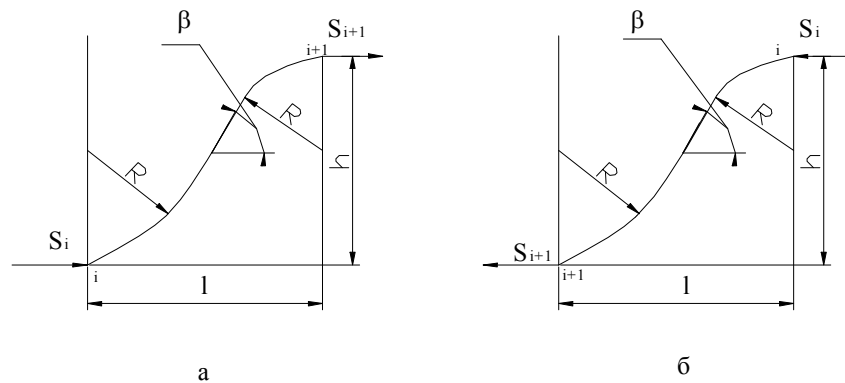
$$F_{k \max} = F \cos \frac{\beta}{2} + \frac{t_k}{R} S_{\max}, \quad (1.15)$$

де  $F$  – навантаження на завантажену каретку, що складається з ваги підвішеного вантажу, каретки, підвіски і тягового елемента на ділянці між каретками, Н;

$\beta$  – кут, що відповідає дузі перегину;

$t_k$  – крок кареток, м;

$R$  – мінімальний радіус вертикального перегину, м (рис. 4.1).



а – рух вгору; б – рух вниз

Рисунок 1.1 – Розрахункова схема визначення натягу на вертикальному перегині

Таблиця 1.3 – Рекомендовані радіуси вертикальних перегинів, м

Тип ланцюга	Крок ланцюга	Натяг ланцюга на перегині, % від допустимого								
		до 50			75			100		
		під час кроку кареток $t_k$ , рівному								
		4t	6t	8t	4t	6t	8t	4t	6t	8t
Розбірна за ГОСТ 589-81	80	1,6	2,0	2,5	2,0	2,5	3,15	2,5	3,15	4,0
	100	2,5	3,15	3,15	2,5	3,15	4,0	3,15	4,0	5,0
	160	4,0	5,0	6,3	5,0	5,0	6,3	5,0	6,3	8,0
Розбірна спеціальна	80	1,25	1,6	2,0	1,6	2,0	2,5	2,0	2,5	3,15
	100	1,6	2,0	2,5	2,0	2,5	3,15	2,5	3,15	4,0
	160	2,5	3,15	4,0	3,15	4,0	5,0	4,0	5,0	6,3

Працездатність каретки: за міцністю

$$F_{\text{пр}} \geq F_{k \text{ max}} , \quad (1.16)$$

за навантаженням на підшипники каретки

$$F_{\text{дк}} \geq F_{\text{екв}} , \quad (1.17)$$

де  $F_{\text{дк}}$  – допустиме корисне навантаження на підшипники каретки, Н;

$F_{\text{екв}}$  – еквівалентне навантаження на підшипники каретки, Н (табл. 10.5[3]).

$$F_{\text{дк}} = F_{\text{р}} \frac{K'_1 K'_2}{K'_n} , \quad (1.18)$$

де  $F_{\text{р}}$  – розрахункове граничне навантаження на каретку, Н (табл.10.2[3]);

$K'_1$  – коефіцієнт, враховуючий швидкість руху конвеєра, табл. 1.4;

$K'_2$  – коефіцієнт, враховуючий температурний режим роботи конвеєра, табл. 4.5;

$K'_n$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження,  $K'_n=1,1 \dots 1,2$

Таблиця 1.4 – Значення  $K'_1$

$v, \text{ м/с}$	0,067	0,1	0,13	0,17	0,2	0,27	0,33	0,4
$K'_1$	0,8	0,7	0,63	0,55	0,52	0,5	0,45	0,42

Таблиця 1.5 – Значення  $K'_2$

$t, ^\circ\text{C}$	до 125	125	150	175	225	250
$K'_2$	1,0	0,95	0,91	0,87	0,74	0,7

Остаточна перевірка правильності вибору типорозміру ланцюга проводиться за натягом і навантаженнями, одержаними перевірою розрахунком.

Окружне зусилля, Н,

$$W_o = S_{\text{нб}} - S_{\text{зб}} + W_{\text{пр}} . \quad (1.19)$$

Потужність двигуна приводу, кВт

$$P = \frac{K_3 W_o v}{10^3 \eta} , \quad (1.20)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу,  $K_3=1,1$ .

За каталогом остаточно проводиться вибір електродвигуна.

Далі розрахунок ведеться згідно з пунктом 4...14 розрахунку пластинчастого конвеєра. Характеристики редукторів типу КДВ, КДВ-М1 і КДВ-М2 наведені в таблицях 10.5 і 10.6 [3] і додатку XCIV [4].

#### 1.4 Вантажний натяжний пристрій

Зусилля  $F_{\text{нат}}$ ,  $H$ , для пересування натяжного пристрою (вага натяжного вантажу)

$$F_{\text{нат}} = S'_{\text{нб}} + S'_{\text{зб}} + T, \quad (1.21)$$

де  $S'_{\text{нб}}$  і  $S'_{\text{зб}}$  – натяги тягового елемента в точках набігання на натяжну зірочку (блок) і збігання з неї,  $H$ ;

$T$  – опір пересуванню натяжного пристрою,  $H$ .

При установленні натяжного пристрою: на візку на колесах  $T = (0,05 \dots 1) m_{\text{віз}} g$ ; на повзунах  $T = 0,4 m_{\text{віз}} g$ ,

де  $m_{\text{віз}}$  – маса візка з рухомою ділянкою шляху і каретками та підвісками з вантажем, що знаходяться на ній (в середньому  $m_{\text{віз}} = 350$  кг).

Необхідна маса натяжного вантажу з врахуванням втрат у відхиляючих блоках для безпосереднього візка

$$m_{\text{в}} = (1,1 \dots 1,15) \frac{F_{\text{нат}}}{g}.$$

Повний хід натяжного візка складає 250...600 мм. Щоб зменшити навантаження на натяжну будову, його установлюють на ділянці з найменшим натягом тягового органу або близько від нього – звичайно на повороті після найбільш завантаженого спуску траси конвеєра за приводом. При горизонтальній трасі або при малих за висотою спусках натяжну будову розміщують безпосередньо після приводу.

## 2 САМОСТІЙНА РОБОТА

Мета самостійної роботи – закріплення теоретичних знань, одержаних на аудиторних заняттях, і придбання практичних навичок самостійного виконання інженерних розрахунків конвеєрів.

Самостійна робота передбачає вивчення відповідних розділів спеціальної літератури і виконання 4 завдань. Варіанти завдань для кожного студента призначаються викладачем.

Виконані завдання повинні бути оформлені у відповідності з методичними вказівками з оформлення розрахунково-пояснювальних записок до курсових проектів і представлені для перевірки в термін, указаний викладачем.

Студенти, що не виконали в строк завдання, до екзамену з дисципліни “Вантажопідйомна, транспортуюча та транспортна техніка ч.П” не допускаються. При виконанні завдання керуватися методичними вказівками до практичних занять. Рівняння, що приміняються при розрахунках, повинні бути коротко пояснені, при цьому обов’язково робити посилання на джерело інформації.

Всі величини, що входять у формулу, повинні мати пояснення. При виборі величини розрахункових коефіцієнтів необхідно вказувати загальний діапазон цього коефіцієнту і давати обґрунтування вибору прийнятого значення в межах цього діапазону.

На початку роботи вказується вихідні дані для розрахунку. Робота повинна мати всі необхідні розрахунки (див. приклади розрахунків конвеєрів). Закінчуватися робота повинна списком використаної літератури.

Номери задач і розрахункові схеми вибираються з таблиці 2.1.

Привод

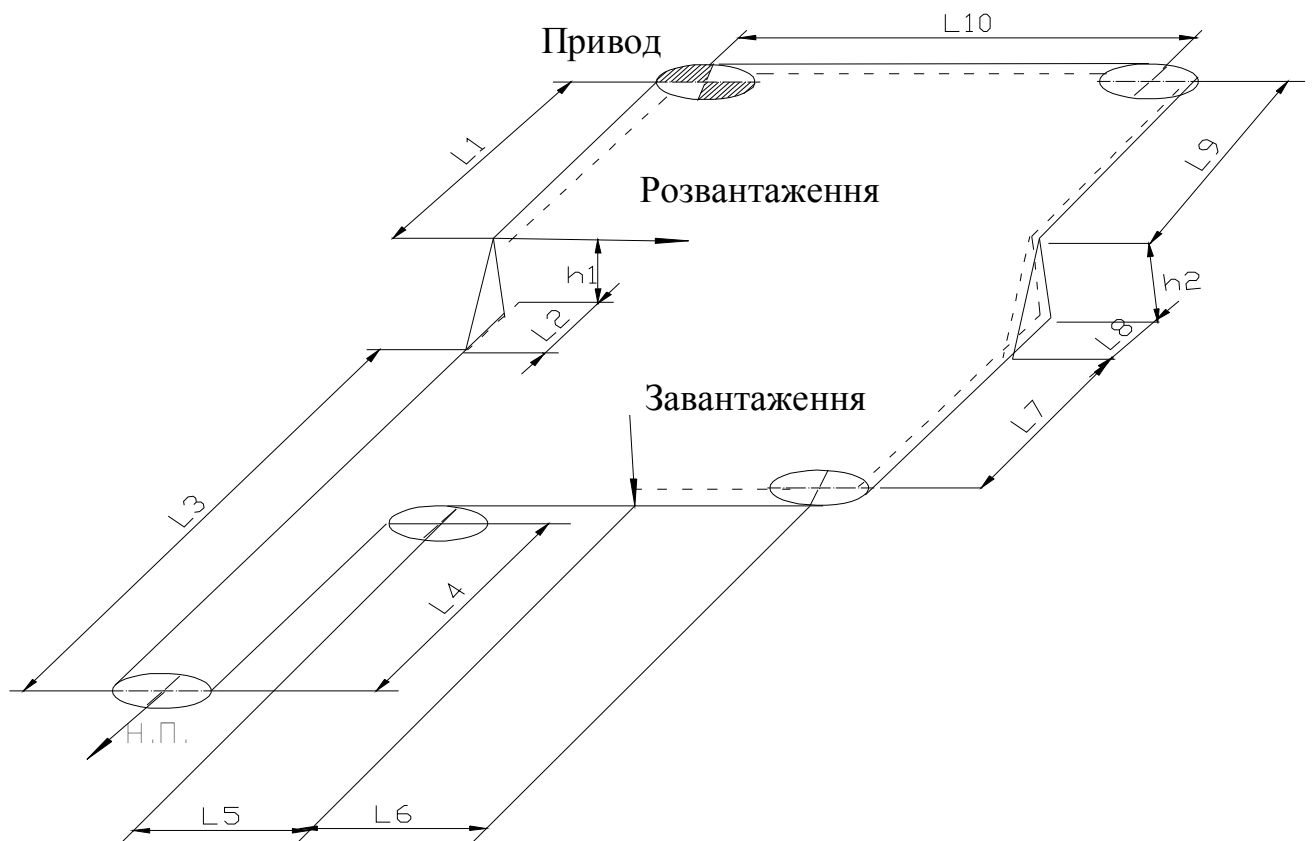
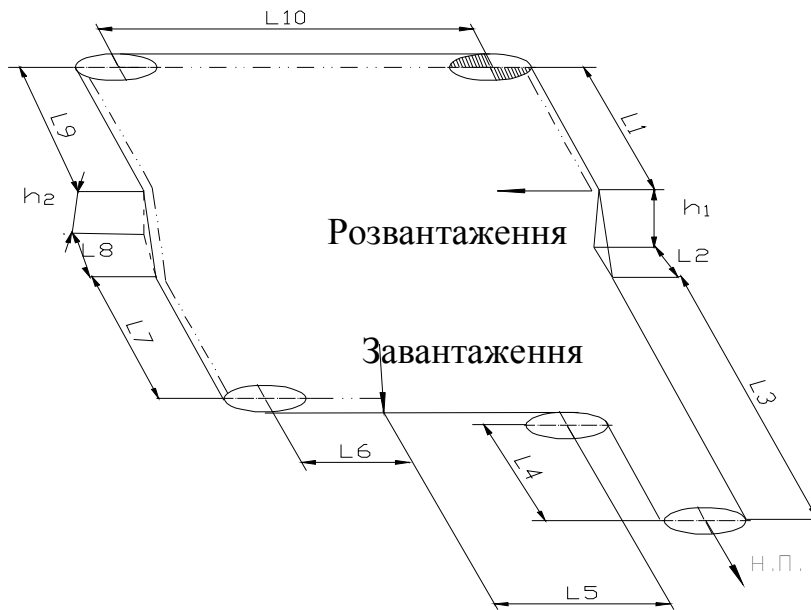


Рисунок 2.1, аркуш 1 – Розрахункова схема підвісного конвеєра

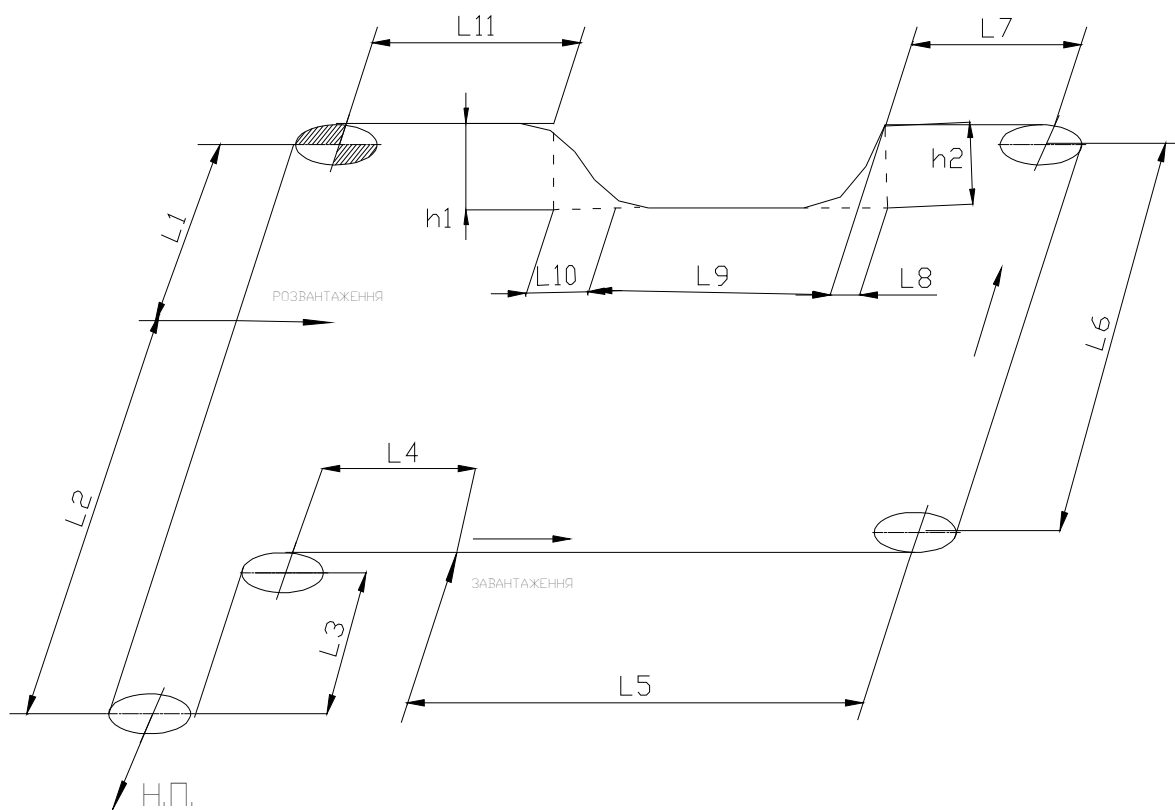


Рисунок 2.1, аркуш 2

Таблиця 2.1—Вихідні дані для розрахунку підвісного конвеєра

Варіант	Вантаж, який транспортується	Продуктивність Z, шт/год	Маса одиниці вантажу, кг	Розміри вантажу, М	Умови роботи
1	Поковки сталі	1600	30	0,3x0,2x0,2	тяжкі
2	Рулони листової сталі	400	120	d1,2x0,3	середні
3	Машинний агрегат	250	450	1,5x1,2x0,6	- // -
4	Заготівки	1200	10 шт по 5 кг	d 0,1x0,6	тяжкі
5	Вироби в ящиках	1400	20	0,5x0,4x0,4	добрі
6	Бухти дроту	1800	2 шт по 40 кг	d1,0x0,12	середні
7	Складальні вузли	600	150	1,2x0,6x0,6	- // -
8	Поковки	8000	6 шт по 8кг	0,1x0,1x0,8	тяжкі
9	Вироби в тарі	1200	12	0,4x0,4x0,2	добрі
10	Покришки автомобільні	2500	2 шт по 16 кг	d 0,8x0,35	середні
11	Заготівки сталі	1600	15	0,2x0,3x0,5	- // -
12	Поковки	385	48	0,6x0,1x0,7	- // -
13	Стержні для ливарних форм	450	10	d 0,3x0,2	- // -
14	Відливки	600	18	0,3x0,2x0,22	тяжкі
15	Заготівки штамповані	750	2	d1,0x0,2	добрі
16	Бухти дроту	145	80	d1,2x0,6	- // -
17	Контейнер з виробами	400	10	1,0x1,0x1,2	- // -
18	Ящики	300	20	0,5x0,4x0,4	середні
19	Диски для автопокришок	2000	2 шт по 5кг	d 0,3x0,2	добрі
20	Рулони руберойду	500	15	d 0,2x1,2	середні
21	Піч газова	100	50	0,6x0,6x1	добрі
22	Деталі	1000	20	0,2x0,2x0,2	тяжкі
23	Покришки автомобільні	1500	2 шт по 5кг	d0,4x0,165	добрі
24	Ящики	100	50	1,0x0,2x0,3	- // -
25	Відливки	1000	30	0,5x0,3x0,2	тяжкі

Таблиця 2.2 –Розміри ділянок підвісного конвеєра для схем  
Рисунків 2.1, а і б

Варіант	Довжина ділянок, м										Висоти h <sub>1</sub> і h <sub>2</sub>
	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	l <sub>7</sub>	l <sub>8</sub>	l <sub>9</sub>	l <sub>10</sub>	
1/20/25	40	12	86	3	15	20	60	10	75	35	4
2/19/24	30	10	120	4	20	16	100	8	60	36	3
3/18/23	25	16	119	6	10	25	120	14	40	35	5
4/17/22	80	20	108	5	20	20	90	18	100	40	6
5/16/21	70	8	125	10	18	16	100	9	90	34	3,5
6/15	100	9	124	8	12	24	110	10	115	36	4
7/14	75	14	76	9	22	32	65	16	80	54	5,5
8/13	50	18	83	6	14	26	70	20	60	40	7,5
9/12	40	10	84	4	20	15	65	12	75	35	4,5
10/11	85	25	110	6	20	15	85	18	110	30	5

Таблиця 2.3 –Розміри ділянок підвісного конвеєра для схем рисунку 2.1, в

Варіант	Довжина ділянок, м											Висоти h <sub>1</sub> і h <sub>2</sub>
	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	l <sub>7</sub>	l <sub>8</sub>	l <sub>9</sub>	l <sub>10</sub>	l <sub>11</sub>	
1/20/25	45	75	4	20	160	116	50	10	60	10	50	5
2/19/24	35	60	3	25	165	92	30	15	100	15	30	6
3/18/23	30	40	5	14	165	65	25	5	120	5	25	4
4/17/22	85	100	6	22	117	179	15	10	90	10	15	3
5/16/21	75	90	8	12	137	157	20	5	100	5	20	3,5
6/15	100	115	7	18	200	208	40	15	110	15	40	2
7/14	80	80	9	20	105	151	10	20	65	20	10	2,5
8/13	55	60	4	10	150	111	35	10	70	10	35	1,5
9/12	45	75	6	20	145	114	45	5	65	5	45	1,8
10/11	90	110	4	15	110	196	5	15	85	15	5	2,2



### 3 РОЗРАХУНОК ПІДВІСНОЇ КАНАТНОЇ ДОРОГИ

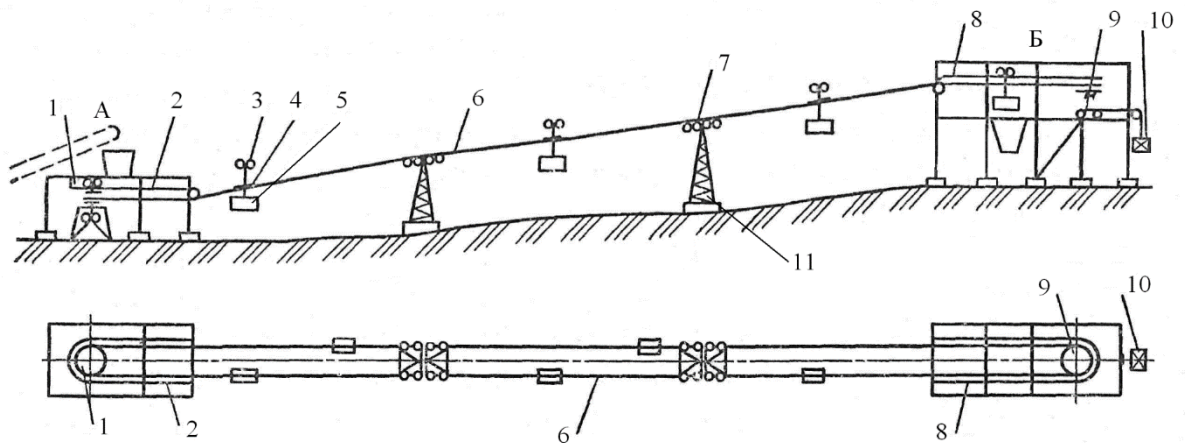


Рисунок 3.1 - Одноканатна підвісна канатна дорога з кільцевим рухом:

1 - фрикційний привід; 2, 8 - рейкові шляхи; 3 - ходові колеса;  
4 - затискний апарат; 5 - вагонетки; 6 - канат; 7 - баланси́рні роликові бата-  
реї; 9 - кінцевий шків; 10 - вантаж натягача; 11 - опори

#### 3.1 Загальний порядок розрахунку і конструювання підвісних канатних доріг

Необхідна корисна вантажопідйомність вагонетки

$$G = \frac{\Pi_{\text{ч}} \tau}{3600} = \frac{370 * 18}{3600} = 1,85 \text{ m}$$

де  $\tau$  - інтервал між послідовними випусками вагонеток на лінію;  $\tau \geq 18$   
с - при механізованому переміщенні вагонеток;  $\tau \geq 12$  с - при завантаженні  
на ходу;  $\tau = 20-60$  с - при інших умовах.

Місткість вагонетки

$$i = \frac{G}{\rho \Psi} = \frac{1,85}{1,36 * 0,9} = 1,7 \text{ m}$$

де  $\rho$  - насипна щільність вантажу, т / м<sup>3</sup>;  
 $\psi$  - коефіцієнт заповнення кузова вагонетки;  $\psi = 0,8-1,0$   
 За отриманими значеннями  $G$  і  $i$  вибирають тип вагонетки з урахуванням власної маси вагонетки, яка входить в номінальну вантажопідйомність і становить 25-35% від номінальної вантажопідйомності

Відстань між вагонетками на лінії

$$\lambda = \tau v = 18 \cdot 2,3 = 41,4 \text{ м},$$

де  $v$  - швидкість руху вагонетки, м / с.

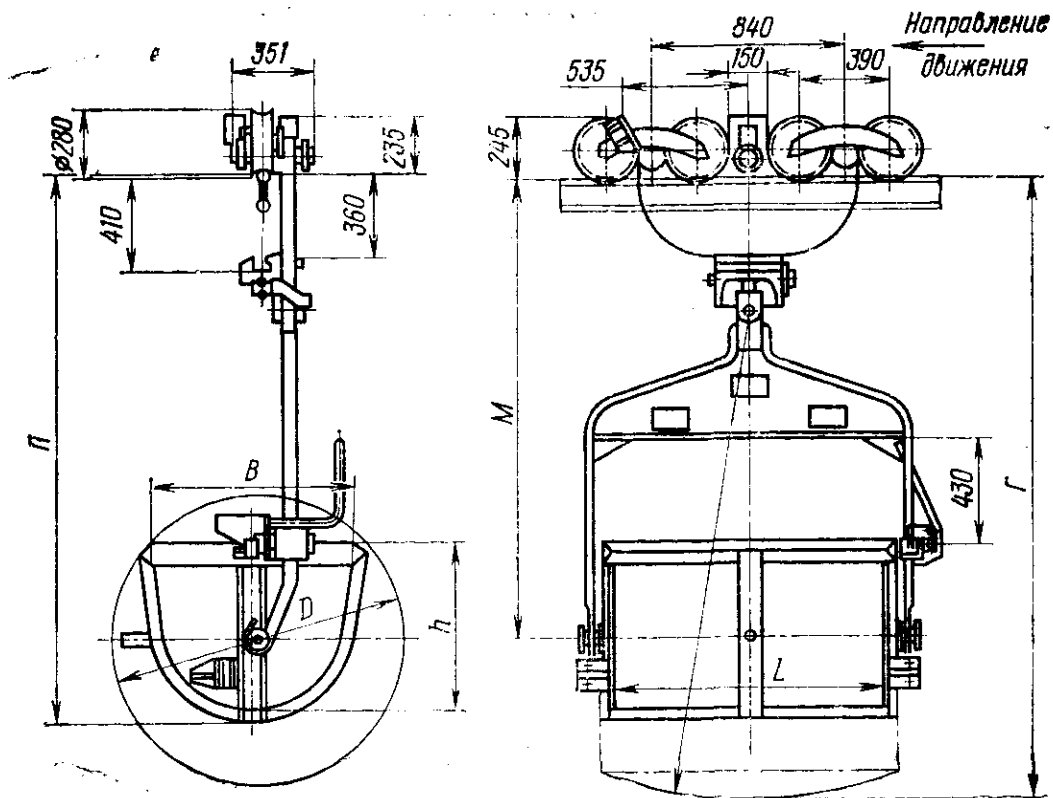


Рисунок 3.2 - Конструкція вагонеток ГПКД

Емкість кузова, м <sup>3</sup>	B	h	L	D	M
1.6	1.25	1	1.7	1.9	2.26

Зі збільшенням місткості вагонеток зменшується їх кількість, збільшується інтервал випуску вагонеток на лінію і полегшується механізація завантаження, але при цьому зростає діаметр несучого каната і вартість дороги. З підвищенням швидкості при тій же продуктивності збільшується відстань між

вагонетками на лінії, знижується загальне навантаження на несучий і тяговий канати дороги.

Найоптимальнішим варіантом при виборі траси дороги за відсутності перешкод для установки опор є прямолінійна траса.

При наявності залізних і автомобільних доріг, населених пунктів, річок і каналів, ліній електропередач, промислових будівель і споруд на шляху споруджуваної підвісної канатної дороги розглядають техніко-економічні показники альтернативних варіантів (з прямою і ламаною в плані трасами) і вибирають з них оптимальний.

При великій довжині дороги і необхідності декількох приводних ділянок доцільно для скорочення кількості приводів збільшувати потужність приводів, міцність тягового каната, а також швидкість руху (для зниження розподіленого навантаження).

Приводи суміжних приводних ділянок доцільно розміщувати на одній станції і в одному машинному приміщенні. Так як потужності приводів і натягу тягових канатів виконуються (по можливості) однаковими, приводні ділянки встановлюють з однаковими речами висот  $h$  кінцевих точок і однаковими довжинами прольотів  $L$ . Поздовжній профіль дороги може бути прямим, увігнутим і опуклим.

При побудові профілю підвісної канатної дороги повинні виконуватися вимоги, регламентовані Правилами будови і безпечної експлуатації вантажних і пасажирських підвісних канатних доріг, які передбачають:

забезпечення вільного габариту під дорогою (відстань по вертикалі від нижчої точки рухомого складу, а також від будь-якого каната або запобіжного пристрою дороги до землі має бути не менше 2,5 м над незабудованими територіями і не менше 4,5 м - над територіями промислових підприємств, будівельних майданчиків і автомобільними дорогами; над будівлями і спорудами воно повинно бути не менше 1 м);

забезпечення габаритів наближення вагонеток на лінії з урахуванням 20% - го бокового гойдання (не менше 1 м до споруд і природних перешкод, не менше 2 м - в місцях проходу людей і не менше 0,5 м - між габаритами зустрічних вагонеток);

надійність прилягання несучих канатів до опорних башмаків на увігнутих ділянках профілю з коефіцієнтом запасу;

плавність профілю дороги, що забезпечується таким розміщенням опор на опуклих ділянках траси, при якому кути  $\delta$  перегину несучого каната (рис. 4), зростаючи на опуклих ділянках при підході вагонетки до опори, приблизно однакові, а  $\text{tg} \delta \leq 0,08$ ;

рівномірність навантаження приводу, що досягається розміщенням опор, при якій на підході до них (місця траси, де кути підйому максимальні) одночасно перебуває не більше 25% загальної кількості вагонеток всій лінії.

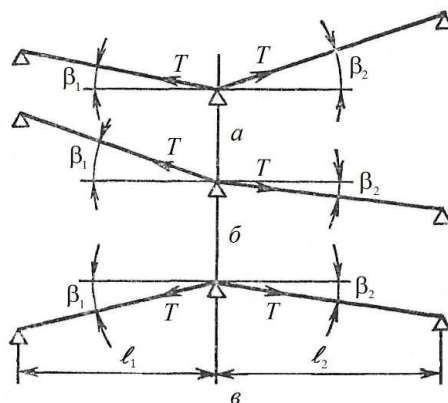


Рисунок 3.3 - Профілі підвесної канатної дороги:  
а, б – вогнутые; в – выпуклый

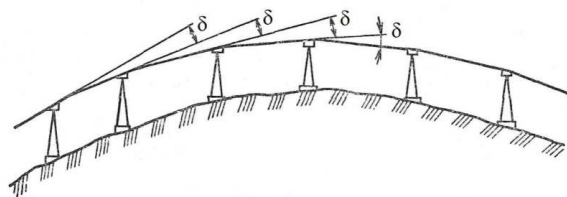


Рисунок 3.4 - Опуклий ділянку профілю підвісної канатної дороги

На рівнинній місцевості опори розташовують на рівній відстані один від одного з прольотом  $\ell = 80-150$  м, а при дорогих підставах під опори прольоти збільшують до 200-300 м. Опори біля станцій розташовують на відстані 40-60 м від них. Висота опор становить 8-12 м з обов'язковим дотриманням вимог вільного габариту над дорогою.

Колію дороги приймають 3 і 4 м, для доріг малої довжини - 6 м (по діаметру обвідного шківів). Після вибору колії виконують перевірку прохідності вагонеток в найдовшому прольоті дороги з урахуванням розгойдування при дії вітру. Кут відхилення вагонеток від вертикалі [3]

$$\tan \varphi = \frac{kFa + k_1 d_T \lambda e}{(m_B b + q_0 \lambda e)g} W = \frac{1,4 * 1,7 * 2,35 + 1,2 * 0,021 * 41,4 * 0,4}{(350 * 1,95 + 1,63 * 41,4 * 0,4)9,81} = 0,001$$

де  $k = 1,4$  і  $k_1 = 1,2$  - аеродинамічні коефіцієнти для вагонеток і для каната відповідно;

$F$  - площа бічної підвітряної поверхні вагонетки,  $\text{м}^2$ ;

$$F = 1,7 * 1,00 = 1,7 \text{ м}^2$$

$a$  - відстань по вертикалі від точки прикладання вітрового навантаження до вагонетки до верху каната, м;

$d_T$  - діаметр тягового каната, м;

$\lambda$  - відстань між вагонетками, м;

$e$  - відстань від верху несучого каната до осі тягового каната, м;

$m_B$  - маса вагонетки, кг;

$b$  - відстань по вертикалі від точки підвісу вагонетки до тягового каната, м;

$q_0$  - маса 1 м тягового каната, кг / м.

Тяговий розрахунок.

ГПКД для пересування вагонеток застосовуються сталеві канати подвійної завивки з лінійним торканням дротів в пасмах типу ЛК-Р з одним органічним осердям відповідно до [5].

Параметри тягового каната визначаються на підставі тягового розрахунку, який виробляється в такий спосіб. За попередньою масі 1 м каната, табл. 6 і [5] вибирається діаметр тягового каната (мм) і розривне зусилля каната в цілому.

#### Тягові канати

Діаметр каната, мм	Маса 1 м каната, кг	Разрывное усилие каната в целом, Н для маркировочной группы, МПА, кгс/мм <sup>2</sup>		Діаметр каната, мм	Маса 1 м каната, кг	Разрывное усилие каната в целом, Н для маркировочной группы, МПА, кгс/мм <sup>2</sup>	
		1568(160)	1764(180)			1568(160)	1764(180)
16,5	1,03	139000	152000	25,5	2,40	324500	355500
19,5	1,41	191000	209000	27,0	2,69	365000	399500
21,0	1,63	222000	243500	28,0	2,91	396000	434000
22,5	1,85	251000	275000	30,5	3,49	475000	520000
24,0	2,39	287000	314000	32,0	3,85	523500	573000

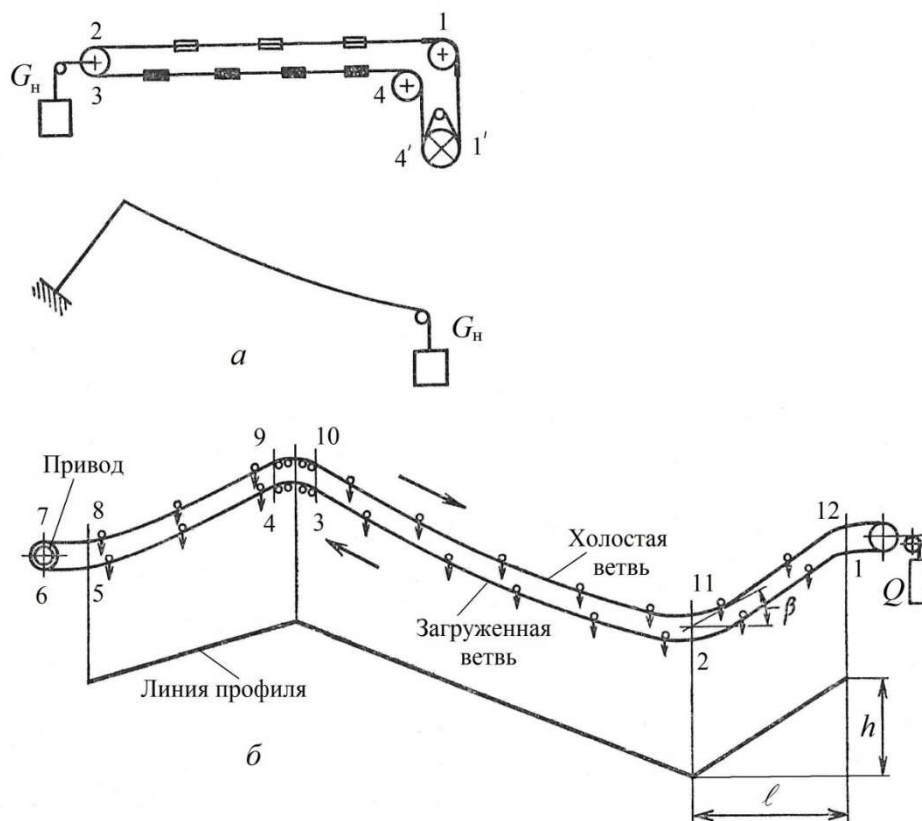


Рисунок 3.5 - Схеми для тягового розрахунку канатної дороги

Тяговий ділянку дороги умовно розбивається на окремі відрізки по характерним елементам поздовжнього профілю (рис. 4), кількість яких може бути від трьох до шести. Зусилля, що виникають в тяговому канаті в характерних точках перелому поздовжнього профілю, визначаються методом послідовного обходу по

'контур вантажний і порожнякової боку у напрямку руху каната. Початкове зусилля на обвідному шківі приймається рівним, т.

$$S_0 = 1800 \dots 2000 \text{ q}_{\text{TK}}.$$

$$S_0 = 1900 * 1,63 = 3097 \text{ Н}$$

Опір на кожному відрізку тягового ділянки, Н

$$\Delta S_{n+1} = 9,8 * n * P \left( W + \frac{h_{n+1} - h_n}{l} \right)$$

де n - кількість вагонеток на відрізку;

P - маса вагонетки (завантаженої або порожньої), кг;

l - довжина ділянки, м;

W - коефіцієнт опору руху вагонеток по закритому канату, що несе і рельсу.

Максимальна і мінімальна величини коефіцієнтів опору руху вагонеток по закритому канату і рельсу приймаються відповідно 0,0065 і 0,003. При цьому на дорогах з силовим режимом приймається максимальна величина, з гальмівним режимом - мінімальна.

Зусилля в подальшій точці, Н

$$\Delta S_{n+1} = S_n \pm \Delta S_{n+1}$$

Натягу тягового каната в характерних точках траси дороги:

$$S_1 = S_{\text{сб}} = 3097 \text{ Н};$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = 3097 + \left( 9,8 * 2 * 2000 \left( 0,0065 + \frac{41,4}{100} \right) \right) = 19580 \text{ Н}$$

$$S_3 = K S_2 = K (S_1 + W_{1-2}) = 1,05 * 19580 = 20561 \text{ Н};$$

$$S_4 = S_{\text{нб}} + W_{3-4} = 20561 + \left( 9,8 * 2 * 2000 \left( 0,0065 + \frac{41,4}{100} \right) \right) = 37044,6 \text{ Н}$$

де K = 1,05-1,1 - коефіцієнт, що враховує опір на натяжній шківі;

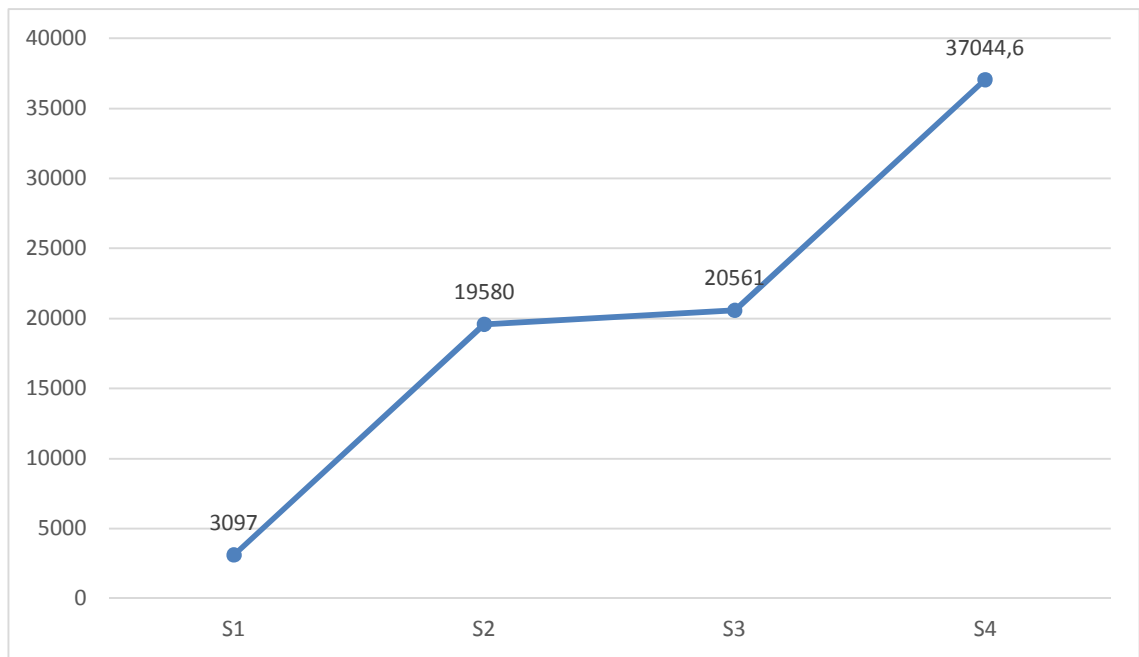
W1-2, W3-4 - сили опору на ділянках 1-2, 3-4.

Відповідно до рівняння Ейлера  $S_4 = S_{\text{нб}} = S_{\text{сб}} e^{\mu \alpha} = S_1 e^{\mu \alpha}$ ,

де  $\mu$  - коефіцієнт зчеплення каната зі шківом;

$\alpha$  - кут обхвату канатом шківа, радий;

e - основа натурального логарифма.



Потужність приводу

$$P = \frac{k_3 U v}{1000 \eta} = \frac{1.3 * 37044.6 * 2.3}{1000 * 0.85} = 130 \text{ Вт}$$

де  $U$  - тягове зусилля на канатотяговому шківі, Н;

$\eta = 0.85-0.9$  - ккд приводу.

Діаметр тягового каната приймають по його максимальному натягу при сталому русі з урахуванням запасу міцності, який згідно Правил Ростехнагляду приймається не менше 4,5.

Несучий канат крім розтягування відчуває значні напруження від вигину і зім'яло в зоні контакту з колесами вагонеток, тому що несе канат розраховують на міцність по розтягуючому зусиллю і на довговічність з урахуванням значення і частоти дії навантажень від коліс вагонеток.

При нормативному запасі міцності каната  $n \geq 2.8$  для вантажних доріг і  $n \geq 3.3$  для пасажирських розривне зусилля каната

$$T_{\text{разр}} > T_{\text{max}} n$$

$$T_{\text{разр}} = 37044.6 * 2.8 = 103817 \text{ Н}$$



## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Шахмейстер Л.П., Дмитриев В.Г. Теория и расчёт ленточных конвейеров - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987 .- 336с.
- 2 Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. -3-е изд., перераб. —М.: Машиностроение, 1983. - 487с.
- 3 Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчётам механизмов подъемно-транспортных машин.- 2-е изд.; переаб. и доп. —Минск: Высшая школа, 1983. - 350с.
- 4 Иванченко Ф.К. и др. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин.—Киев: Вища школа, 1978. - 576с.
- 5 Иванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини: Підручник. – К.: Вища школа, 1933. – 413с.

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних і самостійних робіт  
з дисципліни  
“Спеціальні види транспорту  
”

для студентів напрямку підготовки Підйомно-транспортні, дорожні, меліоративні  
машини та обладнання