



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Вінницький національний технічний університет

**Н. М. Слободян, О. Б. Волошин**

**БУДІВЕЛЬНА ТЕХНІКА**  
**ПРАКТИКУМ**

Вінниця  
ВНТУ  
2013

УДК 728.1

ББК 31.311я73

**С82**

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 5 від 22. 12. 2012 р.)

Рецензенти :

**І. П. Гамеляк**, доктор технічних наук, професор (НТУ)

**І. П. Паламарчук**, доктор технічних наук, професор (ВНАУ)

**А. С. Моргун**, доктор технічних наук, професор (ВНТУ)

**Слободян, Н. М.**

С 82 Будівельна техніка : практикум / Н. М. Слободян, О. Б. Волошин.  
– Вінниця : ВНТУ, 2013. – 104 с.

У практикумі викладено шляхи раціонального застосування машин за технічними можливостями і оптимального їх використання за фактором часу. Приділено увагу визначенню і розрахунку експлуатаційних властивостей будівельних машин. Наведено вправи з експлуатації землерійних машин, методику їх розрахунку та довідковий матеріал.

Електронний варіант посібника, розміщений на сайті кафедри теплогазопостачання ВНТУ, <http://www.vstu.vinnica.ua/ua/kaf/tgp/>, рекомендується для дистанційної форми навчання.

**УДК 728.1**

**ББК 31.311я73**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОБОТА 1</b> Експлуатаційний розрахунок багатоківшевого траншейного екскаватора.....	5
<b>РОБОТА 2</b> Тяговий розрахунок вантажного автомобіля з причепами.....	11
<b>РОБОТА 3</b> Вибір та оптимальне застосування скреперів.....	17
<b>РОБОТА 4</b> Структура робочого процесу та визначення експлуатаційної продуктивності одноківшевого екскаватора.....	27
<b>РОБОТА 5</b> Визначення змінної продуктивності баштового крана.....	40
<b>РОБОТА 6</b> Визначення параметрів машин для ущільнення дорожньо-будівель- них матеріалів.....	44
<b>РОБОТА 7</b> Вибір віброзанурювача паль.....	52
<b>РОБОТА 8</b> Визначення продуктивності котка статичної дії.....	57
<b>РОБОТА 9</b> Розрахунок обладнання гідромеханізації земляних робіт.....	60
<b>РОБОТА 10</b> Параметри ерлітної машини для підйому будівельних матеріалів.....	68
<b>РОБОТА 11</b> Розрахунок установки для пневмотранспортування бетонної суміші.....	77
<b>РОБОТА 12</b> Техніко-економічне порівняння стрічкових конвеєрів.....	83
<b>РОБОТА 13</b> Розрахунок комплекту машин для швидкісного будівництва доріг і аеродромів.....	90
<b>РОБОТА 14</b> Планування регламентних робіт будівельних машин.....	96
<b>ГЛОСАРІЙ</b> .....	
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	106

## ВСТУП

Зростання темпів будівництва вимагає збільшення кількості й енергонасиченості будівельних машин та ефективного їх застосування в будівельному процесі. Механізація робіт охоплює, з одного боку, необхідність забезпечення фронту робіт сучасними машинами і комплектами та підтримування їх працездатності, а з іншого – науково обґрунтовану організацію і планування будівельних робіт.

Велика протяжність і розосередженість об'єктів будівництва потребує не тільки правильного вибору машин за технічними можливостями, але й оптимального їх використання у часі при спільній роботі з іншими машинами.

У практикумі показано порядок розрахунку основних параметрів екскаваторів (ківшеві), машин для ущільнення будівельних матеріалів. Розглянуто тягові розрахунки автотракторного транспорту. Дано рекомендації щодо вибору обладнання й розрахунку засобів гідромеханізації та пневмотранспортування будівельних матеріалів.

Розрахунки повинні супроводжуватися необхідними схемами та ескізами. Величини, які містяться у формулах, повинні мати пояснення з обов'язковим зазначенням їх розмірностей.

В результаті вивчення дисципліни «Будівельна техніка» студенти повинні знати сучасні конструкції машин, механізмів і обладнання, визначати їх технічні показники, вміти обґрунтовувати пропозиції щодо доцільного використання будівельної техніки.

У практикумі наведені вправи, методика їх виконання та довідкові матеріали, які необхідні для розрахунків і набуття практичних навичок з виробничої експлуатації землерійних і дорожніх машин.

## РОБОТА 1

### ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ РОЗРАХУНОК БАГАТОКІВШЕВОГО ТРАНШЕЙНОГО ЕКСКАВАТОРА

Траншейні екскаватори (power-shovel) застосовують при будівництві лінійних підземних комунікацій відкритим способом для відривання траншей прямокутного і трапецеїдального профілю під газо-, нафто-, водопроводи, каналізаційні і теплофікаційні системи, кабельні лінії зв'язку і електропостачання та ін. Вони являють собою самохідні землерийні машини безперервної дії з багатоківшевим або безківшевим (скребачковим) робочим органом, які при своєму поступальному пересуванні розробляють позаду себе за один прохід траншею певної глибини, ширини і профілю з одночасним транспортуванням ґрунту вбік від траншеї [1].

При тій самій потужності двигуна (engine) і швидкості руху ковшів і питоме зусилля різанню, що розвивається багатоківшевим екскаватором (bagatokivshevi power-shovel), значно нижче такого ж зусилля одноківшевого. Продуктивність траншейних екскаваторів в 2...2,5 раза вища, ніж у одноківшевих машин, енерговитрати на 1 м<sup>3</sup> розроблюваного ґрунту менші при більш високій якості робіт. За типом робочого органу розрізняють роторні і ланцюгові траншейні екскаватори, що здатні розробляти як немерзлі, так і мерзлі ґрунти.

Характеристики багатоківшевих траншейних екскаваторів наведено в табл. 1.1. Вибирають екскаватор за умовою, що він повинен копати траншею задан] глибини, ширини і довжини (табл. 1.2).

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики траншейних екскаваторів

Показники	Марка				
	ЭТЦ-202	ЭТЦ-354А	ЭТЦ-402	ЭТР-161	ЭТР-7Е
Глибина траншеї, $H$ , м	2	3,5	4	1,6	1,8
Ширина траншеї по дну, $B$ , м	0,5	0,8...1,1	0,8...1,2	0,8	1,4
Місткість ковша, $q$ , л	23	35	40	70	130
Крок ковшів, $a$ , м	0,95	0,76	0,8	-	-
Кількість ковшів на роторі, $m_k$ , шт.	-	-	-	10	14
Швидкість ківшевого ланцюга, $v_{л}$ , м/с	1,18	1,17	1,12	-	-
Число обертів ротора, $n$ , $хв^{-1}$	-	-	-	11,7	9,6
Робоча швидкість пересування, $v_p$ , м/год:					
I		14,7		54	31
II		18,2		67	49
III		25,4		81	59
IV		34		101	84
	I діапазон: 14...250 II діапазон: 34...590		0...280		

Продовження табл. 1.1

Показники	Марка				
	ЭТЦ-202	ЭТЦ-354А	ЭТЦ-402	ЭТР-161	ЭТР-7Е
V		75		125	89
VI		113		151	112
VII		135		179	140
VIII		-		221	-
IX		-		266	-
Двигун:					
марка	Д-50	Д-54	АМ-01	СМД-14А	Д-108
потужність, Вт	36,8	39,7	80,9	55,2	79,4

Таблиця 1.2 – Вихідні дані

Вари- ант	Ґрунти	Категорі я ґрунту	Розміри траншеї, м		
			Глибина <i>H</i>	Ширина <i>B</i>	Довжина <i>L</i>
1	Лес природної вологості	<i>I</i>	1,7	0,5	500
2			3	1,1	800
3			3,7	1,2	900
4			1,5	0,8	700
5	Суглинок з домішками щебеню та гравію	<i>III</i>	1,6	1,4	600
6			1,8	0,5	2000
7			3,2	0,8	1800
8			3,8	0,8	1500
9	Суглинок лесоподібний	<i>II</i>	1,4	0,8	1000
10			1,8	1,4	2500
11			2	0,5	1000
12			3,5	0,8	1500
13	Глина ломова	<i>IV</i>	4	0,8	1200
14			1,6	0,8	1000
15			1,8	1,4	2000
16			1,9	0,5	2000
17	Супісок з домішками щебеню та гравію	<i>II</i>	3,4	1,1	1800
18			3,6	0,8	1900
19			1,6	0,8	1700
20			1,7	1,4	1600
21	Глина м'яка жирна	<i>II</i>	1,8	0,5	1200
22			3	0,8	1000
23			3,9	1,2	1000
24			1,5	0,8	1600
25		<i>II</i>	1,6	1,4	1800
26			2	0,5	1500
27			3,5	1,1	1100
28			4	1,2	1300
29			1,6	0,8	1400

30			1,8	1,4	1600
----	--	--	-----	-----	------

Технічна продуктивність екскаватора  $\Pi_m$  залежить від місткості ковшів і числа їх розвантажень за одиницю часу,  $m^3/год$ .

$$\Pi_m = 3,6 (qk_n/k_p) i ,$$

де  $q$  – місткість ковша, л;

$k_n$  – коефіцієнт наповнення ковша;

$k_p$  – коефіцієнт розпушення ґрунтів (табл. 1.3);

$i$  – кількість розвантажень ковшів:

– для ланцюгових траншеєкопачів

$$i = v_l / a ,$$

– для роторних траншеєкопачів

$$i = nm_k / 60 .$$

Тут  $v_l$  – швидкість ківшевого ланцюга, м/с;

$a$  – крок ковшів, м;

$n$  – число обертів ротора,  $xв^{-1}$  ;

$m_k$  – кількість ковшів на роторі.

Таблиця 1.3 – Характеристика ґрунтів

Ґрунт	Категорія ґрунту	Густина ґрунту, $m/m^3$	Коефіцієнти		Кут внутрішнього тертя, град	Питомий опір копанню, $F_{num}, MПа$
			наповнення, $k_n$	розпушення, $k_p$		
Лес природної вологості	<i>I</i>	1,6	0,9	1,28	10	0,1
Суглинок лесоподібний	<i>II</i>	1,7	0,95	1,28	15	0,2
Супісок з домішками щебеню і гравію	<i>II</i>	1,7	0,8	1,28	15	0,2
Глина м'яка, жирна	<i>II</i>	1,7	1,1	1,31	25	0,2
Суглинок з домішками щебеню і гравію	<i>III</i>	1,8	0,85	1,32	30	0,3
Глина ломова	<i>IV</i>	2,0	1,0	1,32	35	0,4

Для розрахунку припускаємо, що під час роботи екскаватора весь ківш заповнюється ґрунтом, тобто коефіцієнт наповнення ковша  $k_n = 1$ .

Потужність двигуна траншейного екскаватора витрачається одночасно на копання і підйом ґрунту робочим органом, а також на привід відвального конвеєра і пересування машини. Потужність, що витрачається на копання ґрунту,  $кВт$ :

$$N_k = \frac{F_{num} \Pi_m}{3,6}$$



де  $F_{nut}$  – питомий опір копанню, МПа.

Потужність, яка витрачається на підйом ґрунту до рівня розвантаження, кВт:

– для ківшевого робочого органу

$$N_n = \frac{\Pi_m \rho g}{3,6} \left( \frac{H}{2} + H_0 \right);$$

– для скребачкового робочого органу з урахуванням витрат потужності на тертя ґрунту

$$N_n = \frac{\Pi_m \rho g}{3,6} \left( \frac{H}{2} + H_0 \right) (1 + \varphi \cdot \operatorname{ctg} \beta),$$

де  $\rho$  – густина ґрунту, т/м<sup>3</sup>;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$H_0$  – висота підйому ґрунту від поверхні землі до рівня розвантаження, м (в розрахунках для роторного екскаватора прийняти  $H_0 = 1,5$  м, для ланцюгового –  $H_0 = 2 \dots 3$  м);

$\varphi$  – коефіцієнт внутрішнього тертя;

$\beta$  – кут нахилу передньої грані забою до горизонту,  $\beta = 50 \dots 60^\circ$ .

Потужність, яка необхідна для робочого органу, кВт

$$N = \frac{N_k}{\eta_m \eta_p} + \frac{N_n}{\eta_m},$$

де  $\eta_p$  і  $\eta_m$  – відповідно, коефіцієнт корисної дії робочого органу і трансмісії його приводу ( $\eta_p = 0,8 \dots 0,85$ ;  $\eta_m = 0,9 \dots 0,92$ ).

Розраховують оптимальну робочу швидкість, яка забезпечує найбільшу продуктивність екскаватора при найкращому використанні його двигуна. Вважають, що оптимальна швидкість екскаватора відповідає його технічній продуктивності при відриванні траншеї заданих розмірів, м/год.

$$v_e^{onm} = \frac{\Pi_m}{BH},$$

де  $\Pi_m$  – технічна продуктивність, м/год.;

$B$  – ширина траншеї, м;

$H$  – глибина траншеї, м.

Робочу швидкість пересування екскаватора вибирають з табл. 1.1 (зазвичай, вона дорівнює оптимальній або найближчій до неї меншій швидкості)

$$v_p \leq v_e^{onm}.$$

Змінна експлуатаційна продуктивність екскаватора,  $m^3/зміну$

$$\Pi_{зм} = BHv_p T k_8,$$

де  $v_p$  – робоча швидкість,  $m/год.$ ;

$T$  – тривалість зміни,  $T=8 год.$ ;

$k_8$  – коефіцієнт використання робочого часу екскаватора,  $k_8 = 0,7; \dots; 0,9$ .

Кількість змін роботи екскаватора, яка залежить від об'єму земляних робіт,

$$n_{зм} = \frac{BHL}{\Pi_{зм}},$$

де  $L$  – довжина траншеї,  $m$ .

**Вправа 1.** Для заданих виробничих умов вибрати тип і розрахувати технічну та експлуатаційну продуктивності багатоківшевого траншейного екскаватора.

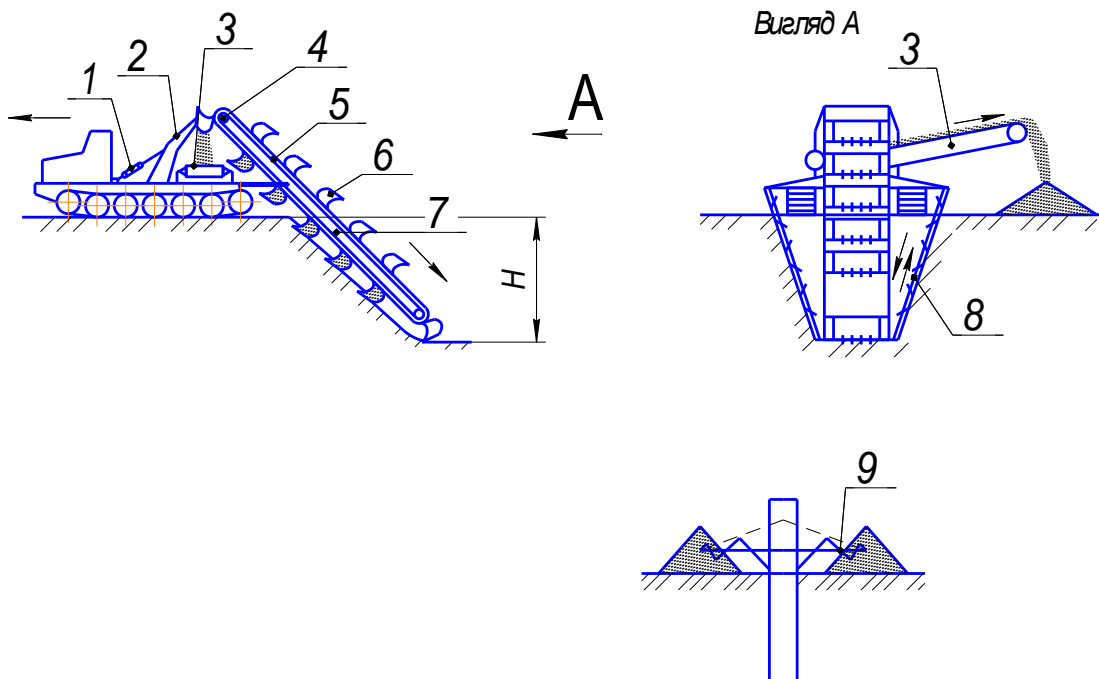


Рисунок 1.1 – Схема ланцюгового траншейного екскаватора:

- 1 – гідроциліндр робочого органу; 2 – важільна система; 3 – стрічковий конвеєр;
- 4 – приводна зірочка; 5 – безкінечний ланцюг; 6 – ковші; 7 – похила рама;
- 8 – похило розташовані ланцюги з поперечними різцями; 9 – шнеки

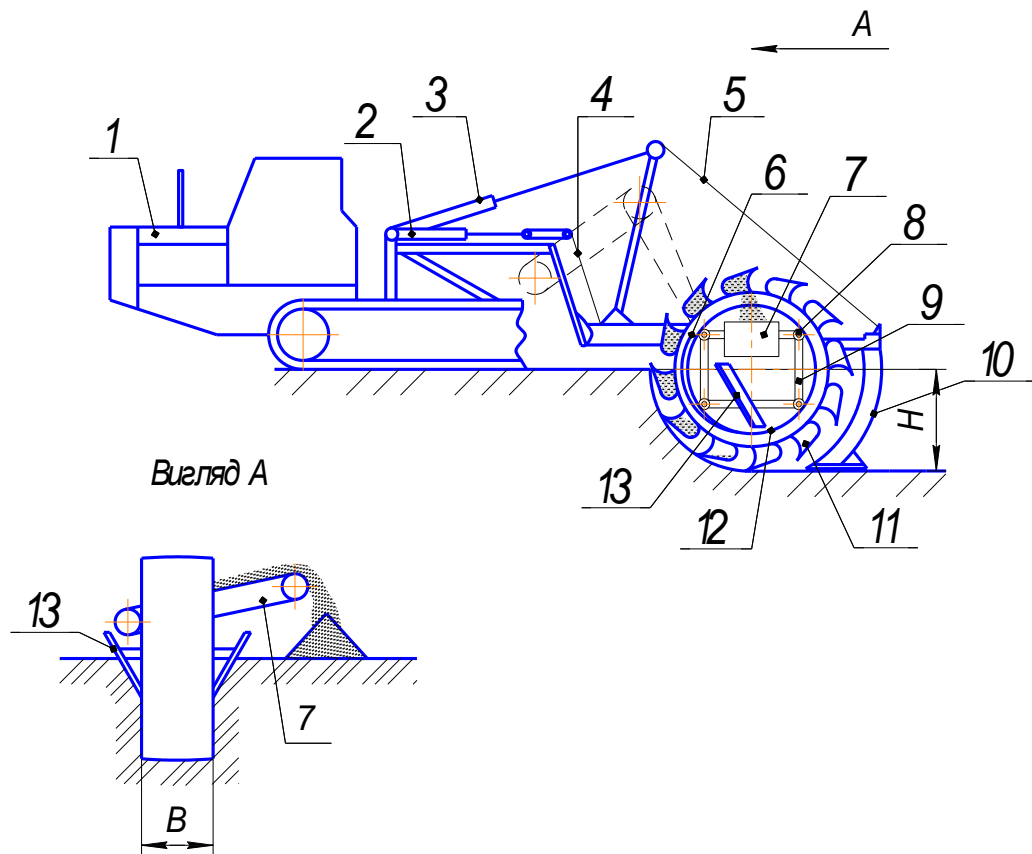


Рисунок 1.2 – Схема роторного траншейного екскаватора:  
 1 – базова машина (тягач); 2, 3 – гідроциліндри; 4; 5 – пластинчаті ланцюги;  
 6 – передній донний щит; 7 – поперечний відвальний стрічковий конвеєр;  
 8 – ролик; 9 – рама; 10 – очисний пристрій; 11 – ковші (або скребки);  
 12 – ротор (колесо); 13 – пасивний нахилоутворювач

### ***Послідовність виконання***

1. За заданими глибиною та шириною траншеї виберіть тип екскаватора.
2. Обчисліть його технічну продуктивність.
3. Визначте потужність двигуна екскаватора, що витрачається на копання і підйом ґрунту робочим органом.
4. Знайдіть оптимальну швидкість пересування екскаватора.
5. Виберіть робочу швидкість його пересування.
6. Підрахуйте змінну експлуатаційну продуктивність.
7. Обчисліть кількість змін роботи екскаватора.
8. Накресліть схему розробки траншеї багатоківшевыми ланцюговим (див. рис. 1.1) або роторним (див. рис. 1.2) траншейними екскаваторами, на якій зазначте основні параметри процесу копання.

## РОБОТА 2

### ТЯГОВИЙ РОЗРАХУНОК ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ З ПРИЧЕПАМИ

Автомобільний транспорт застосовують для перевезення вантажів на велику відстань, рентабельність його збільшується при використанні причепів і великовантажних машин. Основні тягові розрахунки автомобільного транспорту полягають у встановленні максимального підйому, яким може рухатися машина в навантаженому стані, та визначенні швидкості її пересування. Сили, під дією яких відбувається рух автомобіля (car), є *силами тяги* (tractive force). Визначення цих сил, а також *сил опору*, направлених протилежно напрямку пересування автомобіля чи трактора, називають *тяговими розрахунками*.

Сила тяги на ведучих колесах автомобіля залежить від потужності двигуна та швидкості автомобіля й повинна дорівнювати силам опору його пересуванню з рівномірною швидкістю. Сила тяги може бути реалізована, якщо зчеплення між колесами і покриттям дороги достатнє, інакше вона не врівноважується силою зчеплення і колеса будуть пробуксовувати. Збільшити силу зчеплення і тяги та зменшити опір пересуванню можна шляхом збільшення числа ведучих осей і використання шин низького тиску [2].

Відношення сили тяги автомобіля до його повної ваги (в тому числі з урахуванням ваги причепів) називається *динамічним фактором*, який дорівнює сумі коефіцієнтів кочення та ухилу дороги. Використовуючи динамічну характеристику автомобіля за динамічним фактором можна визначити його оптимальну швидкість на відповідній передачі.

Тягові розрахунки автотранспорту проводять так.

Наводять схему траси автосамоскида (рис. 2.1), де вказують довжину і ухил кожної ділянки, згідно з заданими умовами (табл. 2.1).

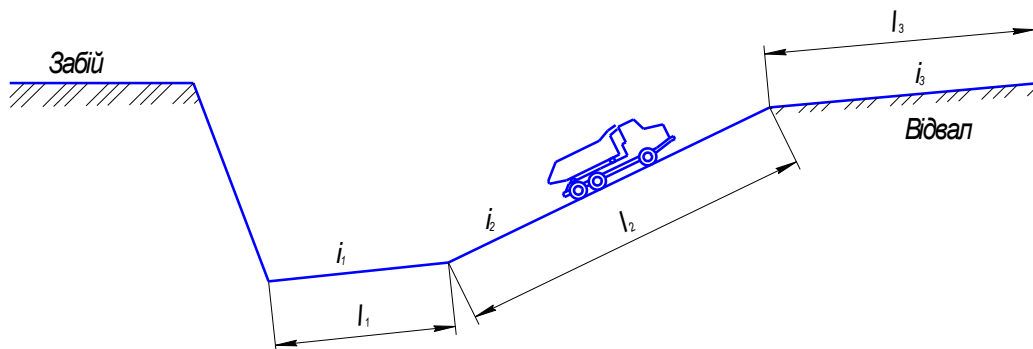


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема руху автосамоскида

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Варіант	Довжина ділянки, м			Покриття			Коефіцієнт кочення, $f$	Коефіцієнт зчеплення, $\varphi$
				глинисте	щебеневе	піщане		
	Підйом ділянки траси			$i_1$	$i_2$	$i_3$		
1	300	1500	500	0,04	0,04	0,02	0,07	0,3
2	350	1600	600	0,045	0,06	0,025	0,065	0,45
3	400	1700	700	0,015	0,08	0,03	0,06	0,5
4	450	1800	800	0,02	0,10	0,035	0,055	0,2
5	500	1900	900	0,025	0,12	0,04	0,05	0,25
6	550	2000	1000	0,03	0,10	0,02	0,045	0,35
7	600	2100	500	0,035	0,08	0,025	0,04	0,6
8	650	2200	600	0,04	0,06	0,03	0,035	0,45
9	700	2300	700	0,045	0,04	0,035	0,03	0,35
10	750	2400	800	0,015	0,05	0,04	0,025	0,7
11	700	2500	900	0,02	0,07	0,02	0,02	0,65
12	650	2600	1000	0,025	0,09	0,025	0,07	0,55
13	600	2700	500	0,03	0,11	0,03	0,065	0,5
14	550	2800	600	0,035	0,13	0,035	0,06	0,45
15	500	2900	700	0,04	0,12	0,04	0,055	0,35
16	450	3000	800	0,045	0,09	0,02	0,05	0,2
17	400	3100	900	0,015	0,07	0,025	0,045	0,25
18	350	3200	1000	0,02	0,05	0,03	0,04	0,3
19	300	3300	500	0,025	0,04	0,035	0,035	0,25
20	350	3200	600	0,03	0,06	0,04	0,03	0,65
21	400	3300	700	0,035	0,08	0,02	0,025	0,35
22	450	3100	800	0,04	0,10	0,025	0,02	0,4
23	500	3000	900	0,045	0,12	0,03	0,07	0,45
24	550	2900	1000	0,015	0,10	0,035	0,065	0,55
25	600	2800	500	0,02	0,08	0,04	0,06	0,6
26	650	2700	600	0,025	0,06	0,02	0,055	0,25
27	700	2600	700	0,03	0,04	0,025	0,05	0,3
28	650	2500	800	0,035	0,05	0,03	0,045	0,5
29	600	2400	900	0,04	0,07	0,035	0,04	0,25
30	550	2300	1000	0,045	0,09	0,04	0,035	0,4

Креслять динамічну характеристику (dynamic description) автомобіля, взяту з його паспортних даних (рис. 2.2).

Сила тяги навантаженого автопоїзда, кН, повинна дорівнювати силам опору при його поступальному русі

$$F = nG'(f \pm i) + G(f \pm i),$$

де  $n$  – число причепів;

$G'$  – вага навантаженого причепа, кН (табл. 2.2);

$G$  – вага автомобіля з вантажем, кН;

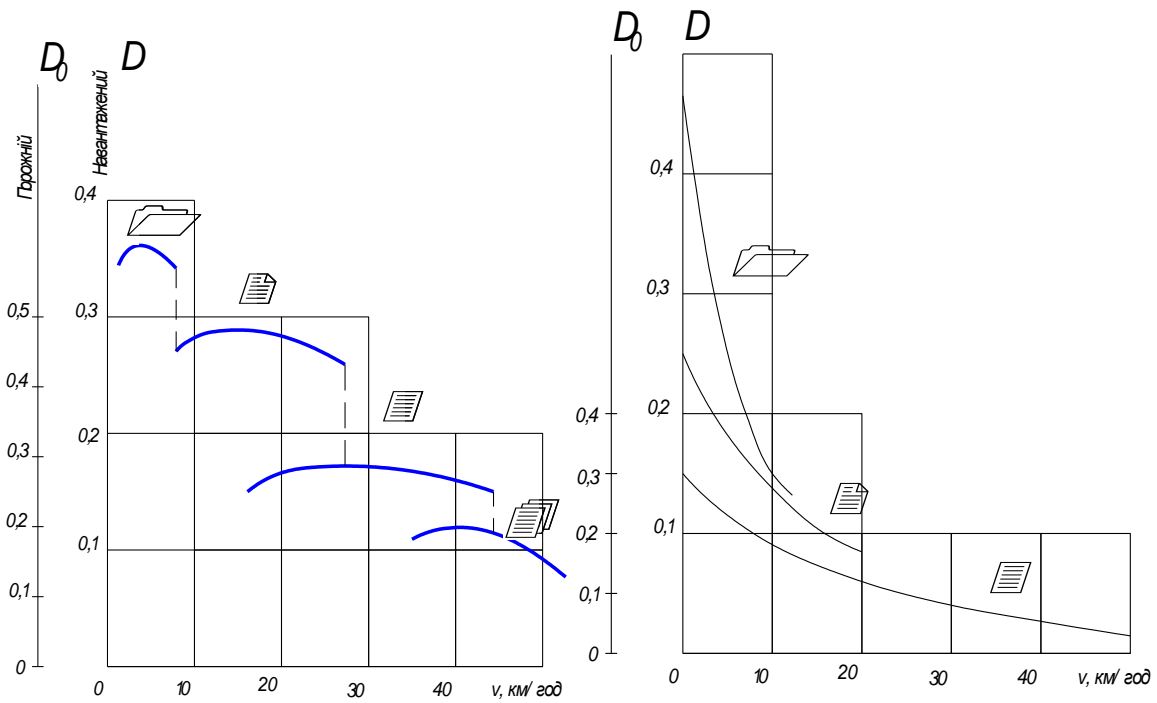
$f$  – коефіцієнт кочення колеса на горизонтальній поверхні;

$i$  – підйом (або ухил) ділянки траси.

Величина динамічного фактора автосамоскида для всіх ділянок траси

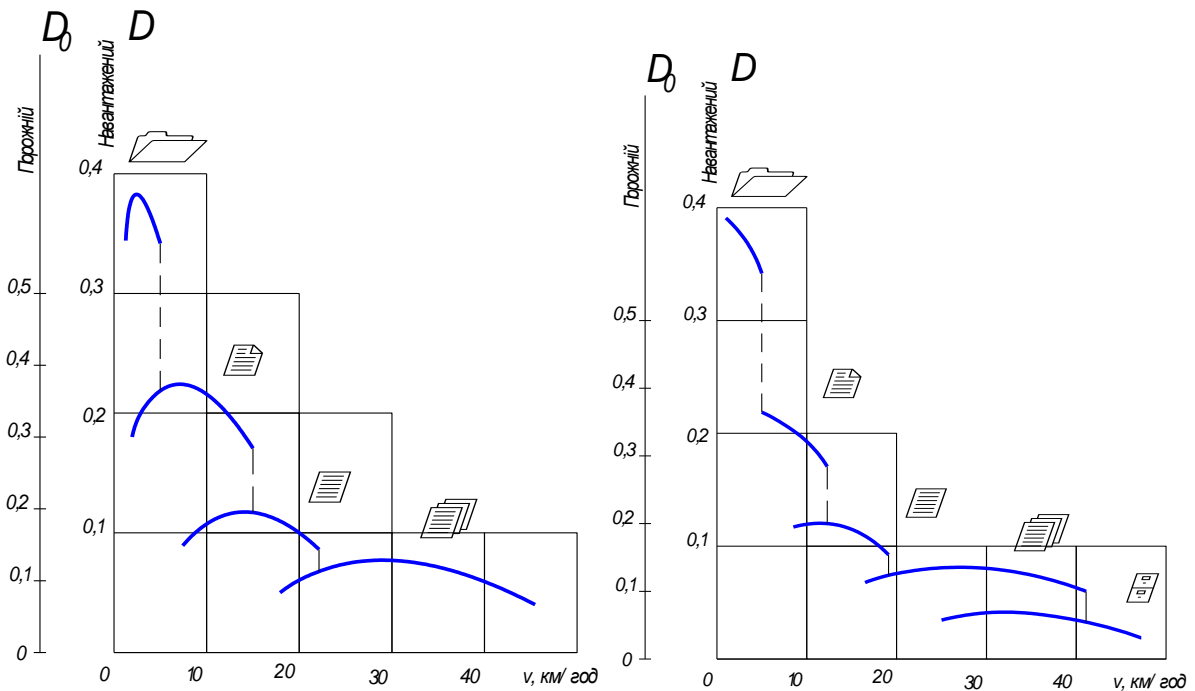
$$D = \frac{F}{G} = \left( n \frac{G'}{G} + 1 \right) (f \pm i),$$

де  $F$  – сила тяги на ведучих колесах автомобіля, кН.



а

б



в

г

Рисунок 2.2 – Динамічні характеристики автосамоскидів: а – ЗІЛ-555;  
 б – БелАЗ; в – МАЗ503А; г – КрАЗ-256Б;  
 I... V – номери передач трансмісії машини

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики автосамоскидів, причепів і навантажувальних екскаваторів

Показники	Варіанти завдань			
	1-7	8-15	16-23	24-30
	Марка автосамоскида			
	ЗІЛ-555	КрАЗ-256Б	МАЗ-503А	БелАЗ-540
Вантажопідйомність, $Q$ , кН	45	110	70	270
Місткість кузова, $V$ , $m^3$	3,0	6,0	3,8	14,3
Повна вага навантаженого самоскида, $G$ , кН	102	230	152,5	480
Зчіпна вага автосамоскида, $G_{зч}$ , кН	84	190	100	324
Тривалість розвантаження і маневрування, $t_{розв}$ , с	60	100	80	120
Місткість ковша екскаватора, $q$ , $m^3$	0,25	1,0	0,5	1,6
Тривалість робочого циклу екскаватора, $t_{ц}$ , с	12	20	15	40
Кількість причепів	1	2	1	-
Вантажопідйомність причепа, $Q'$ , кН	50	50	90	-
Місткість причепа, $V'$ , $m^3$	3,0	3,0	4,5	-
Повна вага навантаженого причепа, $G'$ , кН	80	80	120	-

Припускаючи, що машина рухається з постійною швидкістю, перевіряють ділянки дороги за зчепленням (без буксування), кН.

$$F_{зч} \geq F \text{ або } \varphi G_{зч} \geq (nG' + G)(f + i),$$

де  $F_{зч}$  – сила зчеплення коліс з дорогою, кН;

$G_{зч}$  – зчіпна вага автомобіля, тобто та частина його повної ваги, яка припадає на ведучі колеса, кН;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення (а coefficient of coupling) шин з покриттям дороги.

Максимально можливий підйом для навантаженого автомобіля з причепами

$$i_{max} = \frac{\varphi \cdot G_{зч}}{(nG' + G)} - f.$$

Визначають швидкість руху  $v^{нав}$  навантаженого автосамоскида на кожній ділянці за його динамічною характеристикою  $D = f(v)$  (див. рис. 2.2) і заносять одержані дані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати тягових розрахунків навантаженого автосамоскида

Ділянка траси	$l, м$	$i$	$f$	$D$	$v, км/год$	$t, с$
Навантажений автосамоскид						
1						
2						
3						
Порожній автосамоскид						
3						
2						
1						

Для визначення швидкості руху порожнього автопоїзда  $v^{nop}$  при  $f - i > 0$  користуються шкалою динамічного фактора порожнього самоскида  $D_0$  (див. рис. 2.2). При  $f - i < 0$  швидкість руху розраховують за формулою

$$v^{nop} = \sqrt{130S_{\Gamma}(\varphi - i + f)},$$

де  $S_{\Gamma}$  – допустимий гальмівний шлях, м (для будівельного майданчика беруть  $S_{\Gamma} = 5$  м).

Тривалість руху автомобіля на кожній ділянці довжиною  $l_1, l_2, l_3$  розраховують за формулами, с

$$t_1 = \frac{3,6 \cdot l_1}{k_{np}} \left( \frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_1^{nop}} \right); \quad t_2 = \frac{3,6 \cdot l_2}{k_{np}} \left( \frac{1}{v_2} + \frac{1}{v_2^{nop}} \right); \quad t_3 = \frac{3,6 \cdot l_3}{k_{np}} \left( \frac{1}{v_3} + \frac{1}{v_3^{nop}} \right),$$

де  $k_{np} = 0,9$  – коефіцієнт, що враховує витрати часу на прискорення та уповільнення руху машини;

$v_1, v_2, v_3, v_1^{nop}, v_2^{nop}, v_3^{nop}$  – швидкості, відповідно, навантаженого і порожнього автомобіля на кожній ділянці.

Навантаження автосамоскида (avtosamoskid) і причепів відбувається за час

$$t_{нав} = t_{\eta} m + n t_{\eta} m',$$

де  $t_{\eta}$  – тривалість робочого циклу екскаватора, с;

$m = V/q$  і  $m' = V'/q$  – кількість повних ковшів екскаватора, які вміщуються, відповідно, в кузові самоскида і причепа;

$V$  і  $V'$  – місткість кузовів самоскида і причепа,  $м^3$ ;

$q$  – місткість ковша екскаватора,  $м^3$ .



Повна тривалість рейсу автосамоскида,  $c$

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_{нав} + t_{розв},$$

де  $t_{розв}$  – час, необхідний на розвантаження і маневрування для кожної машини.

Змінна продуктивність (productivity) автосамоскида з причепами,  $кН/зміну$

$$П_{зм} = \frac{3600 \cdot T \cdot k_B (Q + n \cdot Q')}{t_p},$$

де  $T=8$  – кількість годин у зміні;

$k_B=0,85 \dots 0,9$  – коефіцієнт використання змінного часу;

$Q$  і  $Q'$  – вантажопідйомність відповідно самоскида і причепа,  $кН$ .

Змінний пробіг (ran back) автосамоскида,  $км$

$$L_{зм} = \frac{2 \cdot 3,6 \cdot T \cdot k_B (l_1 + l_2 + l_3)}{t_p}.$$

**Вправа 2.** Виконати тягові розрахунки автомобільного транспорту, що працює в умовах автомобільного будівництва. Скласти тяговий баланс навантаженого автомобіля та визначити максимальний ухил, яким може рухатися вантажний автопоїзд, а також його швидкість і продуктивність.

### *Послідовність виконання*

1. Накресліть схему заданої траси і динамічну характеристику машини за варіантом.
2. Перевірте можливість руху вантажного автомобіля за зчепленням на кожній ділянці шляху.
3. Визначте швидкість руху вантажного автомобіля на окремих ділянках.
4. Те ж саме виконайте для порожнього автомобіля.
5. Визначте тривалість руху вантажного автомобіля на кожній ділянці траси.
6. Розрахуйте тривалість завантаження автосамоскида.
7. Знайдіть тривалість рейсу машини, брати до уваги час на завантаження і розвантаження.
8. Визначте змінну продуктивність автосамоскида.
9. Знайдіть пробіг машини за зміну.

## РОБОТА 3

### ВИБІР ТА ОПТИМАЛЬНЕ ЗАСТОСУВАННЯ СКРЕПЕРІВ

При будівництві автомобільних доріг скрепери (skreper) застосовують для зрізання рослинного шару, переміщення ґрунту у відвал, спорудження земляного полотна і вирізання в ньому корита, для планувальних робіт, виконання насипів і виїмок. Вони можуть виконувати весь цикл землерийних робіт: копання, навантаження, транспортування і розвантаження ґрунту. Раціональне використання скреперів залежить від дальності транспортування (звичайно від 0,1 до 5 км), типу машин і їх потужності, а також ґрунтових умов і стану транспортних шляхів.

Використовуються скрепери *причинні, навісні*, з одновісним тягачем (гусеничним або пневмоколісним), *самохідні*, а також *скреперні загони*, в яких групу скреперів обслуговує один тягач або штовхач. Найбільш ефективно скрепери працюють на зволжених ґрунтах I...II категорій. В останній час спостерігається тенденція збільшення місткості й потужності скреперних агрегатів та використання примусового завантаження. При відстані транспортування понад п'ять кілометрів застосовують спеціальні землевози підвищеної місткості (думкари) та автосамоскиди. Оптимальний варіант виконання земляних робіт скреперами визначають за питомими зведеними витратами [3].

Методика вибору та розрахунку скрепера (або загону скреперів) така.

Виходячи з заданої схеми виконання земляних робіт (табл. 3.1 та рис. 3.1) і дальності транспортування матеріалу вибирають попередньо тип скрепера. На рис. 3.2 показано області раціонального використання скреперів у залежності від дальності транспортування матеріалу  $l_{mp}$ , коефіцієнтів опору коченню  $f$  (рис. 3.3) і ухилу транспортного шляху  $i$ . Межі областей відповідають умові рівної ефективності застосування скреперів, при якій витрати на розбирання і транспортування ґрунту скрепером даного типу є нижчими.

Експлуатаційна продуктивність скрепера,  $m^3/год$

$$P_e = \frac{3,6 \cdot V \cdot k_H \cdot k_B}{T_u \cdot k_p},$$

де  $V$  – місткість ковша скрепера,  $m^3$ ;

$k_H$  – коефіцієнт наповнення ковша ґрунтом (табл. 3.1),

$k_H = V/V_1$ ;  $V_1$  – об'єм розпушеного ґрунту в ковші,  $m^3$ ;

$k_B$  – коефіцієнт використання машини у часі,  $k_B = 0,8 \dots 0,9$ ;

$T_u$  – тривалість одного робочого циклу скрепера,  $s$ ;

$k_p$  – коефіцієнт розпушення ґрунту в ковші скрепера.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Варіант	Стан транспортного шляху	Схема руху скрепера (рис. 3.1)	Ухил шляху, $i$	Ґрунт, що перевозиться	Густина ґрунту, $\kappa\text{ґ}/\text{м}^3$	Коефіцієнт розпушення, $\kappa_p$	Коефіцієнт наповнення ковша, $\kappa_n$
1	Бетон	<i>a</i>	0,04	Суглинок	1,6	1,3	1,0
2	Пісок вологий	<i>б</i>	0,015	Пісок	1,25	1,1	0,9
3	Ґравій	<i>в</i>	0,02	Ґравій	1,95	1,15	0,8
4	Рослинний ґрунт	<i>г</i>	0,07	Рослинний	1,3	1,15	0,6
5	Супісок	<i>д</i>	0,055	Супісок	1,35	1,2	1,0
6	Насипний ґрунт	<i>е</i>	0,03	Супісок	1,15	1,2	1,0
7	Рілля	<i>a</i>	0,09	Рослинний	1,1	1,15	0,6
8	Піщаник укочений	<i>б</i>	0,04	Піщаник	1,3	1,15	0,7
9	Ґлина	<i>в</i>	0,08	Ґлина	1,8	1,2	1,1
10	Суглинок вологий	<i>г</i>	0,02	Суглинок	1,6	1,3	1,0
11	Чорнозем	<i>д</i>	0,10	Рослинний	1,1	1,15	0,6
12	Пісок сипучий	<i>е</i>	0,05	Пісок	1,15	1,1	0,9
13	Асфальт	<i>a</i>	0,065	Суглинок	1,6	1,3	1,0
14	Пісок вологий	<i>б</i>	0,025	Пісок	1,25	1,1	0,9
15	Ґравій	<i>в</i>	0,04	Ґравій	1,95	1,15	0,8
16	Рослинний ґрунт	<i>г</i>	0,075	Ґлина	1,3	1,2	1,1
17	Супісок	<i>д</i>	0,08	Супісок	1,35	1,2	1,0
18	Насипний ґрунт	<i>е</i>	0,11	Пісок	1,15	1,1	0,9
19	Рілля	<i>a</i>	0,03	Рослинний	1,1	1,15	0,6
20	Піщаник укочений	<i>б</i>	0,075	Піщаник	1,3	1,25	0,7
21	Ґлина	<i>в</i>	0,045	Ґлина	1,8	1,2	1,1
22	Суглинок вологий	<i>г</i>	0,099	Суглинок	1,6	1,3	1,0
23	Чорнозем	<i>д</i>	0,04	Рослинний	1,1	1,15	0,6
24	Пісок сипучий	<i>е</i>	0,08	Пісок	1,15	1,1	0,9
25	Асфальт	<i>a</i>	0,02	Ґлина	1,8	1,2	1,1
26	Пісок вологий	<i>б</i>	0,055	Супісок	1,25	1,2	1,0
27	Ґравій	<i>в</i>	0,01	Ґравій	1,95	1,15	0,8
28	Рослинний ґрунт	<i>г</i>	0,015	Рослинний	1,3	1,15	0,6
29	Булижник	<i>е</i>	0,07	Щебінь	2,0	1,15	0,6
30	Ґлина	<i>д</i>	0,09	Ґлина	1,8	1,2	1,1

Тягач підбирають за максимальним опором руху навантаженого скрепера,  $\kappa H$ .

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5,$$

де  $F_1$  – опір (resistance) руху скрепера при транспортуванні матеріалу по трасі;

$F_2$  – опір ґрунту різанню;

$F_3$  – опір руху призми волочіння;

$F_4$  – опір від ваги стружки, що рухається в ковші;

$F_5$  – опір від внутрішнього тертя ґрунту в ковші.

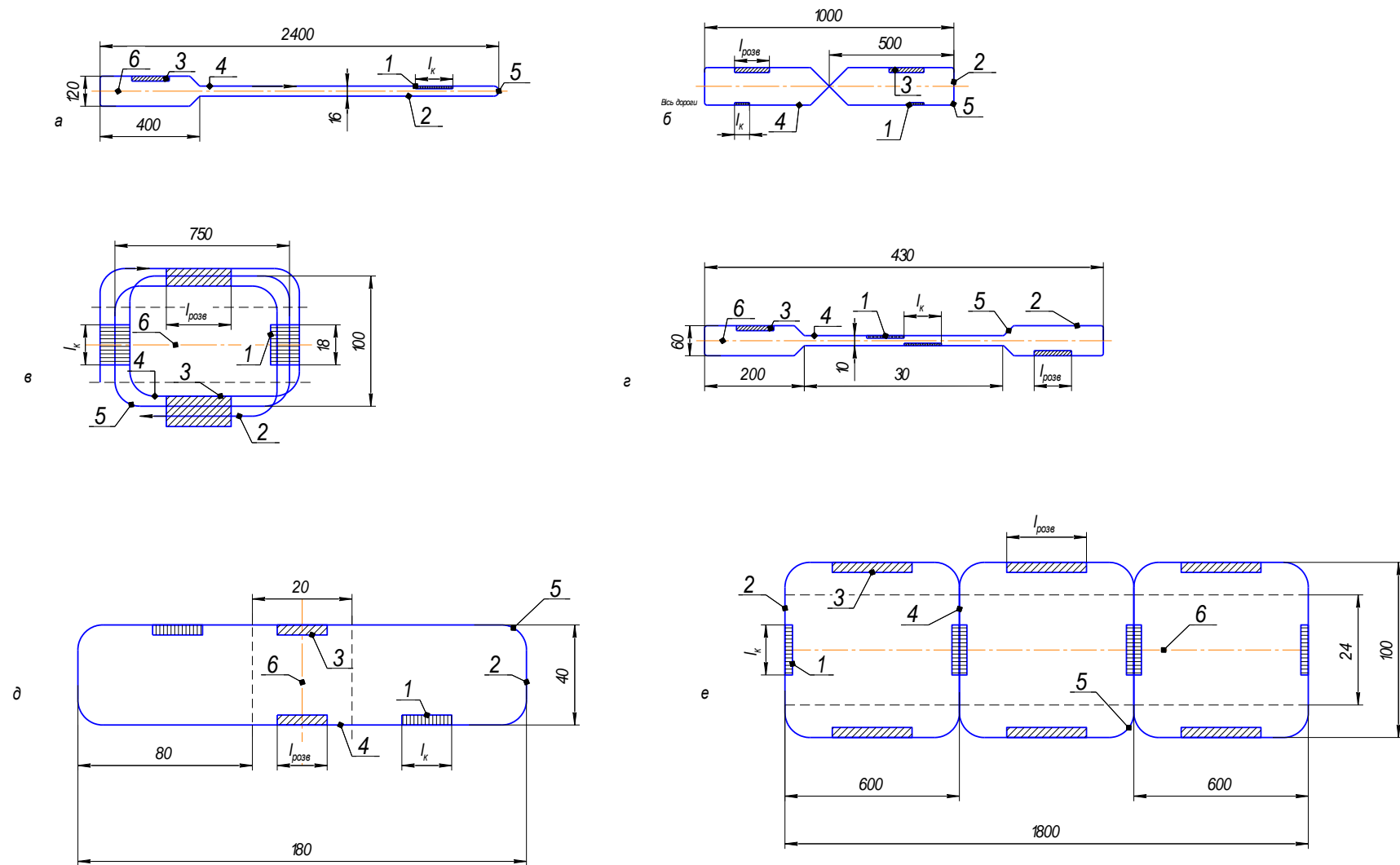


Рисунок 3.1– Схеми робочого руху скреперів: *а* – еліптична; *б* – «вісімку»; *в* – спіральна; *г*, *д* – поздовньо-човникова; *е* – зигзагоподібна; 1 – копання; 2 – вантажний хід (транспортування); 3 – розвантаження; 4 – порожній хід; 5 – розвертання та переключення передач; 6 – вісь дороги



Технічні характеристики самохідних і причіпних скреперів наведено в табл. 3.2 і 3.3.

Таблиця 3.2 – Техніко-економічні характеристики самохідних скреперів

Параметри	Марка скрепера				
	ДЗ-87-1А	МАЗ-6014	ДЗ-13Б	ДЗ-115	ДЗ-107-2
Місткість ковша, $V, м^3$	4,5	8,3	16	16,2	25
Вантажопідйомність, $Q, т$	9	15	30	30	50,4
Базовий тягач	Т-15	МАЗ-6442	БелАЗ-7422	БелАЗ-531Б	Одновіс- не шасі
Потужність силової установки, $N, кВт$	121	165	265	2×265	2×405
Колісна схема	6×4	4×2	4×2	4×4	4×4
Ширина різання, $b, м$	2,43	2,82	3,41	3,12	3,80
Максимальне заглиблення ковша, $h, м$	0,135	0,2	0,3	0,3	0,4
Шар ґрунту, що відсипається, $\delta, м$	0,42	0,45	0,50	0,45	0,60
Максимальна швидкість руху $v, км/год.$	30	45	45	52,5	50
Маса $m, т$	12,3	20,0	36,9	44,3	68,75
Ціна скрепера, $C^{скр}, тис. грн.$	50	60	80	85	100
Собівартість машино-зміни скрепера, $C_{м.зм}^{скр}, тис. грн.$	0,030	0,038	0,042	0,040	0,055

Таблиця 3.3 – Техніко-економічні характеристики причіпних скреперів

Параметри	Марка скрепера				
	ДЗ-111А	ДЗ-77	ДЗ-149-5	ДЗ-172	ДЗ-79
Місткість ковша, $V, м^3$	4,5	8,8	8	8,8	18
Вантажопідйомність, $Q, т$	6	16	16,5	16	29
Базовий трактор	Т-4АП2	Т-130МГ-2	К-701	Т-170	Т-330
Потужність двигуна, $N, кВт$	95,6	118	221	125	250
Ширина різання, $b, м$	2,43	2,75	2,58	2,75	3,02
Максимальне заглиблення ковша, $h, м$	0,13	0,15	0,15	0,15	0,31
Шар ґрунту, що відсипається, $\delta,$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50
Швидкість руху, $v, км/год$	2,22... 9,3	2,38... 12,6	2,9... 33,8	3,7... 12,2	4,7... 16,4
Маса, $m, т$	12,3	20,0	36,9	44,3	68,75
Ціна штовхача, $C^{шт}, тис. грн$	33	45	58	53	65
Собівартість машино-зміни штовхача, $C_{м.зм}^{шт}, тис. грн.$	0,016	0,024	0,020	0,038	0,045

Опір руху самохідного скрепера,  $\kappa H$ :

– на порожньому ході (без копання)

$$F_{I_{нор}}^c = G_{скр} (f \pm i),$$

де  $G_{скр}$  – вага скрепера,  $\kappa H$ ;

$f$  – коефіцієнт опору коченню коліс скрепера ґрунтом, який визначають за рис. 3.3 (для густих ґрунтів  $f = 0,1 \dots 0,15$ ; для розпушених  $f = 0,15 \dots 0,2$ ; для сипучих пісків  $f = 0,2 \dots 0,25$ );

$i$  – ухил транспортного шляху, знак "+" беруть при роботі на підйом, знак "-" беруть при роботі на спуск.

– на вантажному ході (в режимі транспортування)

$$F_{I_{ван}}^c = (G_{скр} + G_{ван}) (f \pm i),$$

де  $G_{ван}$  – вага ґрунту в ковші,  $G_{ван} = \frac{V \cdot \rho \cdot k_i}{k_{\partial}}$ ,  $\rho$  – густина матеріалу, що перевозиться,  $\kappa\text{г}/\text{м}^3$ .

Опір руху причіпного скрепера,  $\kappa H$ :

– на порожньому ході (без копання)

$$F_{I_{нор}}^{np} = G_{скр} (f \pm i) + G_{тр} (f_{тр} \pm i),$$

де  $G_{тр}$  – вага трактора (тягача або штовхача),  $\kappa H$ ;

$f_{тр}$  – коефіцієнт опору коченню гусеничного трактора (може бути взятий також з рис. 3.3);

– на вантажному ході (в режимі транспортування)

$$F_{I_{ван}}^{np} = (G_{скр} \pm G_{ван}) (f \pm i) + G_{тр} (f_{тр} \pm i).$$

Опір ґрунту різанню,  $\kappa H$ .

$$F_2 = K_p \cdot b \cdot h,$$

де  $K_p$  – питомий опір ґрунту різанню,  $K_p = 80 \dots 120 \kappa\text{Па}$ .

Опір руху призми волочіння перед ковшем скрепера,  $\kappa H$

$$F_3 = y b H^2 p g (\mu \pm i),$$

де  $y$  – відношення висоти призми волочіння до висоти ґрунту в ковші,  $y = 0,5 \dots 0,65$ ;

$H$  – висота шару ґрунту в ковші,  $\text{м}$  (при місткості ковша  $V = 4,5 \text{ м}^3$  –

$H = 1 \dots 1,8$  м, при  $V = 6$  м<sup>3</sup> –  $H = 1,25 \dots 1,5$  м, при  $V = 10$  м<sup>3</sup> –  $H = 1,8 \dots 2$  м, при  $V = 15$  м<sup>3</sup> –  $H = 2,3 \dots 2,5$  м);

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$\mu$  – коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту,  $\mu = 0,3 \dots 0,5$  (більші значення у піщаних ґрунтах).

Опір від ваги зрізаного шару ґрунту, що рухається в ковші,  $\kappa H$ .

$$F_4 = bhH\rho g.$$

Опір від внутрішнього тертя ґрунту в ковші,  $\kappa H$ .

$$F_5 = bH^2\rho k_{\Gamma}g,$$

де  $k_{\Gamma}$  – коефіцієнт, що враховує вплив типу ґрунту (для глин  $k_{\Gamma} = 0,24 \dots 0,31$ , для суглинків і супісків  $k_{\Gamma} = 0,37 \dots 0,42$ , для пісків  $k_{\Gamma} = 0,45 \dots 0,5$ ).

При завантаженні скрепера одним тягачем (без трактора-штовхача)  $F \leq F_{\text{тяг}}$ , де  $F_{\text{тяг}}$  – тягове зусилля тягача скрепера,  $\kappa H$ ; при завантаженні за допомогою штовхача  $F \leq F_{\text{тяг}} + F_{\text{штов}}$ , де  $F_{\text{штов}}$  – тягове зусилля штовхача,  $\kappa H$ . При розрахунку величин  $F_{\text{тяг}}$  і  $F_{\text{штов}}$  враховують значення потужності  $N$  і швидкості  $v$  пересування скрепера, вибраних з табл. 3.3.

Структура робочого циклу скрепера

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{к}} + t_{\text{ван}} + t_{\text{розв}} + t_{\text{пор}} + t_{\text{р}},$$

де  $t_{\text{к}}$  – тривалість копання ґрунту;

$t_{\text{ван}}$  – час вантажного ходу скрепера (в забої, на виїзді і при транспортуванні ґрунту);

$t_{\text{розв}}$  – тривалість розвантаження скрепера;

$t_{\text{пор}}$  – час порожнього ходу (включаючи повернення до забою, з'їзд і підхід до місця набирання ґрунту);

$t_{\text{р}}$  – час, необхідний на розвертання скрепера,  $t_{\text{р}} = 35 \dots 40$  с.

Тривалість навантаження скрепера (копання ґрунту), с

$$t_{\text{к}} = \frac{3,6 \cdot l_{\text{к}} \cdot k_{\text{д}}}{v_{\text{к}}},$$

де  $v_{\text{к}}$  – робоча швидкість скрепера на I передачі, км/год.;

$l_{\text{к}}$  – довжина ділянки копання, м;

$k_{\text{д}}$  – коефіцієнт, що враховує додатковий час, який витрачається на рух скрепера без копання,  $k_{\text{д}} = 1,5$ ,

$$l_{\text{к}} = \frac{V + (1 + c)k_{\text{н}}}{b \cdot h \cdot k_{\text{р}}},$$



де  $c$  – відношення об'єму призми волочіння перед заслінкою до місткості ковша,  $c = 0,05...0,27$ ;

$b$  – ширина різання,  $m$ ;

$h$  – товщина шару ґрунту, що зрізається,  $m$ .

Зазвичай скрепер набирає ґрунт на ділянках довжиною 12...30  $m$ , а розвантажується – на ділянках довжиною 5... 15  $m$ .

Час руху навантаженого скрепера,  $c$

$$t_{ван} = \frac{3,6 \cdot l_{тр} \cdot k_n}{v_{ван}},$$

де  $l_{тр}$  – довжина ділянки транспортування (див. рис. 3.2),  $m$ ;

$v_{ван}$  – середня швидкість переміщення навантаженого скрепера,  $км/год$ ;

$k_n$  – коефіцієнт, що враховує час на прискорення, уповільнення руху і переключення передач (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Поправковий коефіцієнт часу  $k_n$

Довжина шляху, $l$ , $m$	Передача		
	<i>I-II</i>	<i>III</i>	<i>IV-V</i>
50	1,35	1,45	1,6
100	1,25	1,35	1,5
250	1,1	1,15	1,25
500	1,05	1,07	1,1
1000	1,01	1,03	1,06

Тривалість розвантаження скрепера,  $c$

$$t_{розв} = \frac{3,6 \cdot l_{розв}}{0,6 \cdot v_{розв}} = \frac{3,6 \cdot V \cdot k_n}{0,6 \cdot \delta \cdot b \cdot v_{розв}},$$

де  $l_{розв}$  і  $v_{розв}$  – довжина шляху і швидкість розвантаження ґрунту; для причіпних скреперів  $v_{розв} = 4...6$   $км/год$ , для самохідних –  $v_{розв} = 8...10$   $км/год$ ;

$\delta$  – товщина шару ґрунту при розвантаженні скрепера,  $m$ .

Час руху порожнього скрепера

$$t_{пор} = \frac{3,6 \cdot l_{тр} \cdot k_n}{v_{пор}},$$

де  $v_{пор}$  – середня швидкість переміщення порожнього скрепера на *IV – V* передачах,  $км/год$ .

Величини  $v_{ван}$  і  $v_{пор}$  знаходять з тягового зусилля на крюку (hook) (для причіпного) або на колесах (для самохідного) скрепера, оскільки у транспортному режимі тягове зусилля  $F_1$  витрачається тільки на пересування скрепера, а опір заповненню ковша відсутній,  $км/год$ .

$$v = 3,6 \frac{N}{F_1} \eta,$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії машини,  $\eta = 0,8 \dots 0,85$ .

Кількість причіпних скреперів на один штовхач

$$m_{скр} = \frac{T_{ц}}{t_{к} + \frac{3,6 \cdot l_{к}}{v_{шт}^{III}} + t_{шт}^n},$$

де  $v_{шт}^{III}$  – швидкість повертання штовхача на III передачі, км/год;

$t_{шт}^n$  – час підходу трактора-штовхача до скрепера,  $t_{шт}^n = 3 \dots 40$  с.

Розраховану величину  $m_{скр}$  округляють в менший бік.

Результати розрахунків робочого циклу і тягових зусиль на різних ділянках скреперного шляху заносять в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Робочий цикл і тягові розрахунки скрепера

Ділянка	Довжина ділянки, $l, м$	Коефіцієнт опору коченню, $f$	Уклон шляху, $i$	Швидкість руху, $v, км/год$	Коефіцієнт прискорення, $k_n$	Тривалість руху, $T_{ц}, с$	Необхідне тягове зусилля, $F, кН$	Число скреперів у загоні, $m_{скр}$
$l_k$								
$l_{ван}$								
$l_{розв}$								
$l_{пор}$								
$l$								

*Примітка.* Для технологічних схем на рис. 3.1 розрахункові ділянки руху скреперів можуть повторюватися.

Питомі зведені витрати при використанні скреперів підраховують за формулою, грн/м<sup>3</sup>

$$Z_{пит}^{зв} = \frac{C_{м.зм}^{скр} + \frac{C_{шт}^{шт}}{m_{скр}}}{\Pi_{в.зм}^{скр}} + \frac{\left( Ц^{скр} + \frac{Ц_{шт}^{шт}}{m_{скр}} \right) E_n a}{\Pi_{в.зм}^{скр} \cdot n_{зм}^{скр}},$$

де  $m_{скр}$  – число скреперів у загоні, які обслуговуються одним штовхачем;

$C_{м.зм}^{скр}$  – собівартість машино-зміни скрепера, тис. грн;

$C_{шт}^{шт}$  – собівартість машино-зміни штовхача, тис. грн;

$Ц^{скр}$  – ціна скрепера, тис. грн;

$C_{шт}$  – ціна штовхача, тис. грн;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності, для будівництва  $E_n = 0,15$ ;

$a$  – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку машини;

$P_{6.3M}^{скр}$  – змінна продуктивність скрепера,  $m^3/змін$ ;  $P_{6.3M}^{скр} = P_{ет3M}$ ;

$t_{3M} = 8 год.$  – час роботи у зміну;

$n_{3M}^{скр}$  – число змін роботи скреперів (при розрахунку питомих зведених витрат взяти  $n_{3M}^{скр} = 2$  за добу).

Техніко-економічні розрахунки подають в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Продуктивність і питомі зведені витрати скрепера

Варіант організації робіт	Час циклу, $T_{ц}, c$	Експлуатаційна продуктивність, $E_e, m^3/год.$	Число скреперів у загоні, $m_{скр}$	Змінна продуктивність, $P_{6.3M}^{скр}, m^3/год.$	Питомі приведені витрати, $Z_{пр}^{шт}$ , грн./ $m^3$
1					
2					

Порівнюють два варіанти використання скреперів для заданих виробничих умов і вибирають найбільш оптимальний з них. Для цього з табл. 3.2 і табл. 3.3 беруть іншу (найближчу за технічними показниками) марку скрепера або збільшують (чи зменшують) кількість причіпних скреперів у загоні та підбирають відповідний тягач (штовхач) за потужністю і тяговим зусиллям. Повторно визначають час робочого циклу скреперів, експлуатаційну продуктивність та проводять тягові розрахунки машин. Величину питомих зведених витрат ( $Z_{шт}^{36}$ ) для нового варіанта використання скреперів порівнюють з підрахованим раніше значенням ( $Z_{шт}^{36}$ ) для основного варіанта і роблять висновок про доцільність тієї чи іншої виробничої схеми.

**Вправа 3.** Для певних виробничих умов підібрати тип самохідного або причіпного скрепера і тягача (штовхача), визначити тяговий баланс машини, відповідно до заданої схеми роботи розрахувати тривалість робочого циклу та експлуатаційну продуктивність скрепера (або загону скреперів) та знайти питомі зведені витрати при виконанні повного об'єму робіт.

#### Послідовність виконання

1. За вихідними даними виберіть тип скрепера для транспортування ґрунту на задану відстань.
2. Розрахуйте час робочого циклу машини (загону скреперів).
3. Визначте експлуатаційну продуктивність скрепера при заданих: схемі його переміщення і структурі робочого циклу.
4. Підрахуйте тяговий баланс самохідного скрепера для навантаженого і порожнього ходу.
5. Визначте питомі зведені витрати при застосування скреперів в

заданих виробничих умовах.

## РОБОТА 4

### СТРУКТУРА РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ОДНОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА

Розрахувати змінну продуктивність одноківшевого екскаватора з прямою лопатою (direct shovel) при його роботі в умовах бокового забою з навантаженням ґрунту в транспорт, або зі зворотною лопатою при його роботі в умовах лобового забою з навантаженням ґрунту у відвал.

Дані для розрахунку наведено в табл. 4.1.

*Додаткові дані:*

1. Вважаємо, що вісь переміщення екскаватора зі зворотною лопатою збігається з віссю траншеї.

2. Тривалість вивантаження ґрунту з ковша для всіх екскаваторів, обладнаних прямою лопатою, приймається  $t_g = 5$  с, а для всіх екскаваторів, обладнаних зворотною лопатою,  $t_g = 8$  с.

3. Перерви в роботі для відпочинку екскаваторника та огляду екскаватора (5 хв. на годину) роблять під час пересування екскаватора.

4. За 15 хв. до кінця зміни робота екскаваторника припиняється для передачі його бригаді, що заступає на зміну.

*Послідовність виконання розрахунків*

1. Відповідно до даних накреслити в масштабі схему забою екскаватора (план і переріз) та визначити за кресленням середній робочий кут повороту екскаватора ( $\alpha_n$ ).

2. Визначити середню тривалість робочого циклу екскаватора та скласти схему його робочого циклу ( $t_{y.c.}$ ).

3. Обчислити середню тривалість циклу завантаження самоскида (tipper) для екскаватора, обладнаного прямою лопатою, та скласти схему циклу завантаження самоскида ( $t_{y.c.}$ ).

4. Визначити тривалість та скласти схему циклу розробки елемента забою ( $t_{y.e.z.}$ ).

5. Побудувати схему робочого процесу екскаватора протягом зміни.

6. Підрахувати сумарний час позациклових операцій та зупинок екскаватора протягом зміни, а також визначити коефіцієнт використання екскаватора за часом ( $K_B$ ).

7. Визначити змінну експлуатаційну продуктивність екскаватора  $P_{змін}$ .

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Варіант	Марка екскаватора	Висота (глибина) забою, $H, м$	Ширина забою, $B, м$	Самоскид				Ґрунт		
				Марка	Вантажопідійомність, $G, т$	Ширина машини, $B, м$	Тривалість зміни самоскида, сек.	Група	Щільність, $\rho, т/м^3$	Назва
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Э-30ЗБ	3,0	4,0	СА3-3504	2,25	2,2	60	I	1,75	гравій
2		3,8	5,0	ЗИЛ-ММЗ-55555	5,25	2,4	50	II	1,95	галька
3		3,5	4,5	МА3-5549	8,0	2,5	70	I	1,65	лес м'який
4	Э -652Б	3,0	6,0	МА3-5549	8,0	2,5	70	I	1,70	суглинок
5		4,0	6,5	КамА3-5511	10,0	2,5	80	II	1,95	глина м'яка
6		3,5	4,5	ЗИЛ-ММЗ-555	5,25	2,4	70	III	1,95	суглинок важкий
7	Э-1011А	3,8	4,8	МА3-5549	8,0	2,5	70	II	1,80	суглинок легкий
6		4,2	5,6	КрА3-256Б	12,0	2,6	90	III	1,85	пісок морений
9		4,5	6,2	КамА3-5511	10,0	2,5	80	IV	1,95	глина ломова сланцева
10	Э-1251 В	5,0	7,0	КамА3-5511	10,0	2,5	80	III	1,8	глина м'яка карбонатна
11		4,0	5,5	МА3-5549	8,0	2,5	70	II	1,75	глина жирна м'яка
12		5,5	8,0	КрА3-556Б	12,0	2,6	90	IV	2,05	глина важка ломова

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	Э1251В	4,2	7,6	КамА3-5511	10,0	2,5	80	II	1,8	Пісок морений
14		5,1	6,0	КрА3-256Б	12,0	2,6	90	IV	2,10	Глина тверда юрська
15		6,0	5,5	МА3-5549	8,0	2,5	70	III	1,9	Глина м'яка карбонатна
16	Э-2503	5,2	8,0	БелА3-540А	27,0	3,5	100	II	1,75	Глина м'яка юрська
17		4,5	7,0	КрА3-256БІ	12,0	2,6	90	III	2,25	Лес затверділий
18		6,0	6,0	КамА3-5511	10,0	2,5	80	IV	2,15	Глина кембрійська
19	ЭКГ-4	5,6	10,0	БелА3-540А	27,0	3,5	120	III	2,1	Пісок морений з валунами
20		6,0	8,0	КрА3-256Б	12,0	2,6	90	IV	1,8	Супісок морений з валунами
21	Э0-3322	3,0	2,0	-	-	-	-	I	1,65	Пісок без домішок
22	Э0-3322	4,0	2,5	-	-	-	-	II	1,65	Пісок з домішками
23	Э0-5115А	3,9	3,2	-	-	-	-	II	1,8	Глина стрічкова морена
24	Э0-5115А	2,8	1,8	-	-	-	-	III	1,75	Глина морена з валунами
25	Э0-4321	4,0	1,0	-	-	-	-	II	1,70	Пісок морений з валунами
26	Э0-4321	5,8	1,6	-	-	-	-	III	1,85	Суглинок морений з валунами
27	Э0-4121	3,0	2,0	-	-	-	-	III	2,05	Крейда м'яка
28	Э0-4121	4,2	1,9	-	-	-	-	IV	1,55	Крейда м'яка
29	Э0-5122	6,2	1,6	-	-	-	-	IV	1,8	Глина кембрійська
30	Э0-5122	4,8	1,4	-	-	-	-	III	1,95	Глина м'яка карбонатна

## Методика розрахунку

1. Креслимо схему забою для екскаватора, обладнаного зворотною лопатою (рис. 4.1), в масштабі на підставі даних варіанта завдання (див. табл. 4.1).

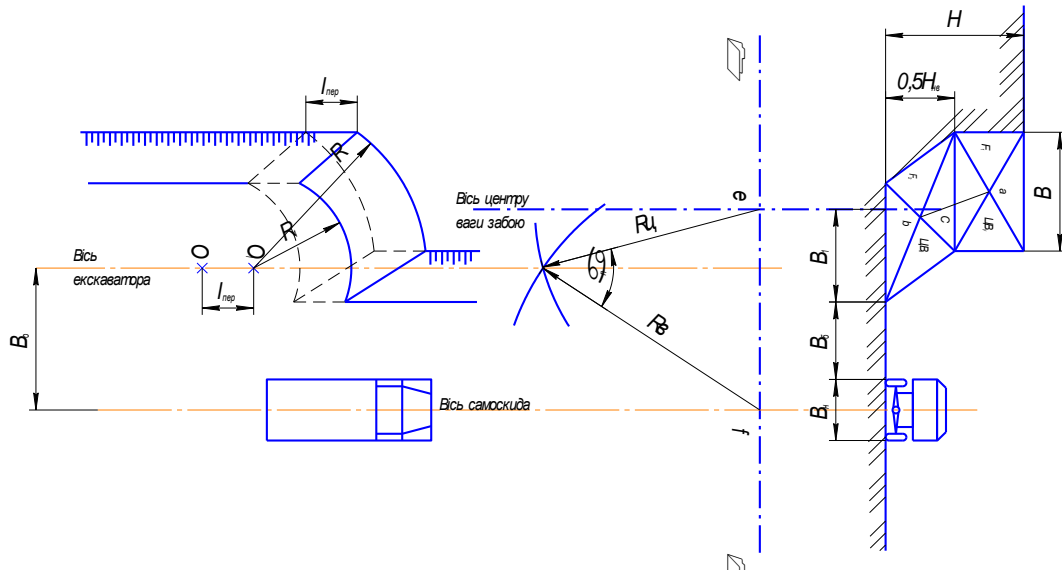


Рисунок 4.1 – Схема бокового забою

Контур забою у поперечному перерізі визначається шириною  $B$  висотою або глибиною  $H$ . Боковий забій додатково визначається висотою похилої частини схилу, що дорівнює приблизно  $0,5 H_{нв}$ ;  $H_{нв}$  – висота напірного вала екскаватора над рівнем стоянки (табл. 4.2). Положення самоскида або осі відвалу визначається відстанню від осі руху екскаватора  $B_0$  та радіусом вивантаження  $R_B$  (табл. 4.2).

У поперечному перерізі контур забою для екскаватора, обладнаного зворотною лопатою, що розробляє торцевий забій (рис. 4.2), додатково визначається кутом нахилу траншеї або котлована  $U_б$  (табл. 4.3), шириною берми  $B_б$  (табл. 4.4), кутом нахилу відвалу  $U_0$ , висотою відвалу  $H_{від}$  та шириною відвалу  $B_{від}$ . З метою спрощення розрахунків кут нахилу відвалу приймаємо  $45^\circ$ .

Коли елемент забою вироблено з однієї стоянки, екскаватор пересувається на відстань  $l_{пер}$  – довжину практичного пересування (табл. 4.2).

Криволінійний паралелепіпед, обмежений двома послідовними поверхнями гранично виробленого забою, утворює об'єм ґрунту, що розробляється екскаватором з однієї стоянки та називається елементом забою:

для прямої лопати

$$V_{e.z.} = B \cdot H \cdot l_{пер} = F \cdot l_{пер}, \text{ м}^3$$

для зворотної лопати



$$V_{e.3.} = 0,5(B_6 + B) \cdot H \cdot l_{nep} \cdot M^3.$$

Таблиця 4.2 – Деякі робочі розміри та швидкості екскаваторів

Показники	Марка екскаватора										
	Пряма лопата						Зворотна лопата				
	Э-303Б	Э-652Б	Э-1011А	Э-1251Б	Э-2503	ЭКГ-4	Э0-3322	Э0-5115 А	Э0-4321	Э0-4121	Э0-5122
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Місткість ковша, $q, м^3$	0,4	0,6	1,0	1,25	2,5	4,6	0,5	0,5	0,65	1,0	1,25
Найбільший практичний радіус різання, $R, м$	6,1	7,8	9,2	9,9	12,0	14,4	7,7	7,0	8,9	9,2	10,8
Найбільший радіус різання на рівні стоянки, $R_{ст}, м$	3,0	4,7	5,0	6,3	7,2	9,0	2,0	2,5	2,5	3,2	4,7
Найбільша практична довжина пересування, $l_{пер}, м$	1,85	3,6	3,9	3,9	4,9	5,8	1,8	2,0	2,0	2,0	2,2
Найбільший практичний радіус вивантаження, $R_B, м$	5,4	7,2	8,3	8,9	10,8	12,6	6,2	7,0	8,9	9,2	10,8

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число обертів платформи екскаватора, $n$ , об/хв.	6,82	6,12	7,15	4,75	4,75	4,6	11,8	18,2	11,5	6,0	5,9
Швидкість підйому $V_n$ , м/сек.	0,5	0,5	0,7	0,5	0,56	0,87	0,6	0,65	0,85	0,8	0,9
Висота напірного валу над рівнем стоянки, $H_{нв}$	3,3	3,4	3,8	4,2	6,1	5,62					
Найбільша практична висота вивантаження, $H_v$ , м	3,9	5,6	6,0	6,6	7,0	6,4	5,3	3,9	6,2	6,0	5,5
Швидкість пересування на I-й передачі, $V_{пер}$ , км/год.	1,15	1,75	2,0	1,5	1,23	0,45	1,85	1,87	0,98	2,8	2,9
Висота забою, $H$ , м	6,2	7,9	8,2	9,3	10,0	10,2					

Таблиця 4.3 – Допустима крутість схилів у різних грунтах

Ґрунт	Глибина і виїмки, м					
	1,5		3		5	
	$У_{\phi}$	$H:a$	$У_{\phi}$	$H:a$	$У_{\phi}$	$H:a$
Насипний	56	1:0,67	45	1:1	38	1:1,25
Піщаний та гравійний	63	1:0,5	45	1:1	45	1:1
Глинистий:						
супіски	76	1:0,25	56	1:0,67	50	1:0,85
суглинки	90	1:0	63	1:0,5	53	1:0,75
глини	90	1:0	76	1:0,25	63	1:0,5
Лес та лесовидний	90	1:1	63	1:0,5	63	1:0,5
Морений:						
пісок	76	1:0,25	60	1:0,57	53	1:0,75
супісок та суглинок	78	1:0,2	63	1:0,5	57	1:0,65

$У_{\phi}$  – кут між напрямком нахилу та горизонтом, град;

$H:a$  – відношення висоти нахилу до його заложення.

Таблиця 4.4 – Ширина берми, м

Ґрунт	$B_{\phi}$
Пісок та гравій	2,5
Супіски	2,0
Суглинки	2,0
Глини	1,5
Лес	1,5
Морений пісок	2,0
Супісок та суглинок	1,8

Таблиця 4.5 – Значення коефіцієнтів розпушування ґрунту та наповнення ковша

Група ґрунту	Тип привода			
	Механічний $K_p$	Гідравлічний	Механічний $K_n$	Гідравлічний
I	1,08-1,17	1,1	1,2	0,9
II	1,14-1,28	1,20	1,1	0,8
III	1,24-1,30	1,25	1,15	1,05
IV	1,26-1,32	1,30	1,25	1,0
V	1,30-1,45	1,40	1,2	1,05
VI	1,40-1,5	1,50	1,28	1,1

Середній кут повороту платформи екскаватора ( $\alpha_n$ ) вимірюється транспортиром на плані забою між напрямними з центра обертання екскаватора  $O_1$  на центр ваги елемента забою та на центр кузова самоскида. Знаходимо центр ваги бокового забою таким чином. Весь елемент розбиваємо на дві частини з площинами  $F_1$  та  $F_2$  (див. рис. 4.1)

$$F_1 = (H - 0,5H_{H.B.})B, \text{ м}^2,$$

$$F_2 = 0,5H_{H.B.} \cdot B, \text{ м}^2.$$

Центр ваги кожної частини забою  $Ц.B_1, Ц.B_2$  буде на перетині їх діагоналей у точках  $a$  та  $в$ .

Загальний центр ваги (точка  $C$ ) знаходиться на лінії центра ваги ( $a, в$ ) на відстані:

по горизонталі відстань  $B_1$

$$B_1 = 0,5 \cdot B + 0,5 \cdot H_{H.B.} \cdot \frac{0,25 \cdot H_{H.B.} \cdot F_2}{F_1 + F_2}.$$

Відстань від краю забою до машини  $B_{зб-м}$  (2-3 м) та ширина машини  $B_m$  (див. табл. 4.1) дозволяють розраховувати вісь самоскида, яка знаходиться на відстані  $B_{ш}$  від осі центрів ваги забою

$$B_{ш} = B_1 + B_{зб-м} + 0,5 \cdot B_m.$$

Проведемо вертикальну вісь I-I.

Із точки перетину осі  $e$  центрів ваги забою та осі I-I проводимо, як із центра дугу радіусом центра ваги  $R_{ц}$ , який дорівнює:

для прямих лопат

$$R_{ц} = \lambda(R - 0,5 l_{неп}), \text{ м},$$

де  $R$  – найбільший практичний радіус різання (див. табл. 4.2);

$\lambda = 0,85 \dots 0,92$  – коефіцієнт врахування ширини та висоти забою;

для зворотних лопат

$$R_{ц} = \lambda R_{cm} + 0,5 l_{неп} + 0,06 H \text{ ctg } Y_{\delta}, \text{ м},$$

де  $\lambda = 1,04 \dots 1,2$  – коефіцієнт врахування ширини та глибини забою (при копанні траншей – менше значення, котлованів – більше);

$$\frac{ав}{св} = \frac{F_2}{F_1},$$

$R_{cm}$  – найбільший радіус різання на рівні стоянки (див. табл. 4.2);

$Y_{\delta}$  – кут між напрямком нахилу та горизонтом, градус;

для драглайнів

$$R_{ц} = \lambda R_{cm} + 0,5(l_{неп} + H \text{ ctg } Y_{\delta}), \text{ м}.$$

Із точки  $f$  перетину осі самоскида та осі  $I-I$ , як із центра, проводимо дугу радіусом вивантаження екскаватора  $R_e$  до перетину з дугою, проведеною  $R_y$ .

Через цю точку проведемо перпендикуляр до осі  $I-I$ , який і буде віссю екскаватора.

Кут між  $R_y$  та  $R_e$  є середнім кутом повороту екскаватора, який вимірюється транспортом.

Для торцевого забою (рис. 4.2) визначаємо розміри траншеї:

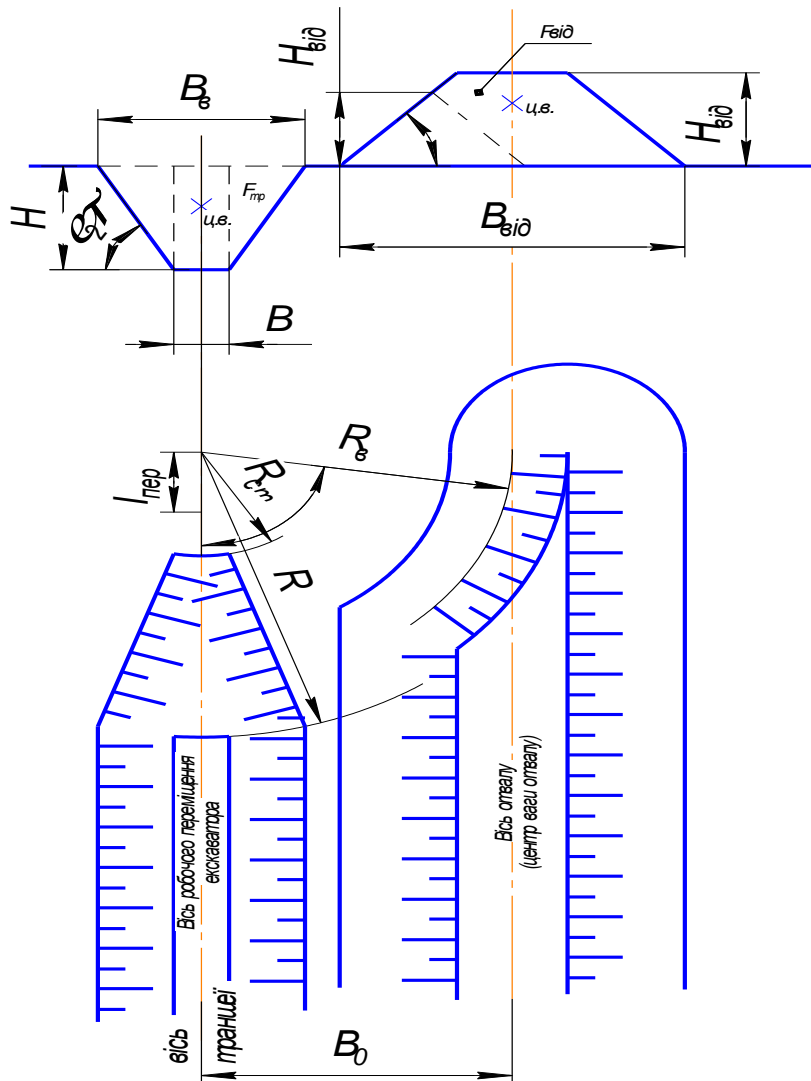


Рисунок 4.2 – Схема торцевого забою

ширина по верху забою

$$B_0 = 2H \operatorname{ctg} \gamma_0 + B, \text{ м};$$

площа траншеї

$$F = 0,5( B_B + B )H , м.$$

Визначаємо розміри відвалу (dump). По-перше, визначаємо висоту відвалу трикутної форми з кутом нахилу  $\varphi_a = 45^0$

$$H_{від} = \sqrt{F_{від}} ,$$

де  $F_{від} = F_{mp} \kappa_p$  – площа відвалу;

$\kappa_p$  – коефіцієнт розпушування (див. табл. 4.5).

Перевіряємо можливість роботи у відвал трикутної форми:

$$H_{від} \leq H_B ,$$

де  $H_B$  – висота вивантаження екскаватора (див. табл. 4.2).

Ширина відвалу по низу буде дорівнювати:

$$B_{від} = 2H_{від} .$$

Коли  $H_{від} \geq H_B$ , то відвал має трапецієвидну форму з шириною низом:

$$B_{від} = H_B + \frac{F_{від}}{H_B} , м.$$

Відстань від осі траншеї до осі відвалу буде:

$$B_0 = 0,5B_B + B_B + 0,5B_{від} ,$$

де  $B_B$  – ширина берми (див. табл. 4.4).

Кут повороту екскаватора  $\alpha_n$  – це кут між віссю робочого переміщення екскаватора, яка збігається з віссю траншеї, та радіусом вивантаження  $R_B$ , дуга якого перетинає вісь відвалу

$$\alpha_n = \arcsin \frac{B_0}{R_B} , рад.$$

2. Визначаємо середню тривалість робочого циклу (duty cycle) екскаватора та креслимо схему цього циклу. В межах приблизних розрахунків приймаємо, що робочий цикл екскаватора складається з чотирьох операцій – занурення ковша в забої  $t_k$ , повороту на вивантаження із наповненим ковшем  $t_{n.n}$ , вивантаження ґрунту  $t_B$  та зворотного повороту з порожнім ковшем у забій  $t_{n.n}$ . Тривалість циклу цих операцій

$$t_{ц.е} = t_k + t_{n.n} + t_B + t_{n.n} .$$

Тривалість копання  $t_k$  обчислюємо за висотою або глибиною забою  $H$  та швидкістю підйому блока ковша  $V_n$  (див. табл. 4.2)

$$t_k = \frac{H}{V_n}.$$

Середня тривалість повороту екскаватора з навантаженим ковшем

$$t_{n.n.} = \frac{2\alpha_n}{\omega_n}, \text{ с,}$$

де  $\omega_n$  – кутова швидкість повороту екскаватора,  $\omega_n = 2\pi n$ .

$n$  – число обертів платформи екскаватора за хвилину (див. табл. 4.2).

Середня тривалість зворотного повороту порожнього ковша  $t_{n.n.}$  приблизно дорівнює середній тривалості повороту наповненого ковша  $t_{n.n.}$ .

3. Обчислюємо тривалість і складаємо схему циклу завантаження автосамоскида. Цей цикл складається з тривалості власного завантаження та часу, що йде на зміну завантажувальних машин. Тривалість завантаження визначається часом, необхідним на завантаження самоскида, кількістю ковшів ґрунту, що відповідає його вантажопідйомності, тобто дорівнює добутку часу робочого циклу екскаватора на число ковшів ґрунту, що завантажуються у самоскид.

Тривалість зміни (duration of change) самоскидів охоплює певний час на їх маневрування при подачі під завантаження  $t_{з.м.с.}$  (див. табл. 4.1), за мінусом тривалості операцій зворотного повороту ковша у забій та наповнення його ґрунтом. Таке суміщення можливе тому, що вже завантажений самоскид може від'їжджати одразу ж після вивантаження ґрунту з ковша. Кількість ковшів ґрунту  $n_k$ , що вміщується в кузов самоскида, знаходимо за вантажопідйомністю останнього та середньою вагою ґрунту в ковші екскаватора

$$n_k = \frac{G \cdot k_p}{q \cdot k_n \cdot \rho},$$

де  $G$  – вантажопідйомність (carrying capacity) самоскида,  $t$  (див. табл. 4.1);

$q$  – місткість ковша екскаватора,  $m^3$  (див. табл. 4.2);

$\rho$  – щільність ґрунту,  $t/m^3$  (табл. 4.1);

$k_p$  – коефіцієнт розпушення ґрунту (див. табл. 4.5);

$k_n$  – коефіцієнт наповнення ковша (див. табл. 4.5).

Добутий результат  $n_k$  округляємо до цілого числа. Знаючи кількість ковшів ґрунту, що вміщуються в кузов самоскида, середню тривалість робочого циклу екскаватора, тривалість його операцій  $t_n$  та  $t_k$ , а також тривалість зміни самоскидів  $t_{з.м.с.}$  при подачі під завантаження, тривалість



циклу навантаження одного самоскида можна обчислити за формулою

$$t_{у.с.} = n_k \cdot t_{у.е.} + t_{зм.с.} - t_{n.n} - t_k, с.$$

Результати цих обчислень зображуємо на схемі циклу навантаження самоскида, охоплюючи тривалість окремих операцій і всього циклу, в масштабі на відрізок прямої.

4. Визначаємо тривалість і складаємо схему циклу розробки елемента забою, який складається з деякого числа  $n_c$  циклів завантаження самоскидів та переміщення екскаватора на нову стоянку (з урахуванням часу на відпочинок екскаваторника).

Кількість циклів завантаження самоскида під час розробки елемента забою визначаємо за його об'ємом  $q, м^3$  (див. табл. 4.2), середнім об'ємом ґрунту, що його захоплює ківш екскаватора, та кількістю ковшів ґрунту, що завантажуються в самоскид

$$n_c = \frac{V_{e.з} \cdot k_p}{n_k \cdot q \cdot k_n}.$$

Кількість робочих циклів екскаватора за час розробки елемента забою при роботі у відвал

$$n_{к.з} = \frac{V_{e.з} \cdot k_p}{q \cdot k_n}.$$

Результати цих обчислень округляємо до цілого числа в менший бік. Час, що витрачається на робоче пересування екскаватора:

$$t_{неp} = \frac{3,6 \cdot l_{неp}}{q \cdot k_n}.$$

Час на відпочинок екскаваторника  $t_{в.с.}$  див. п. 3 "Додаткових даних". На основі цих даних тривалість циклу розробки елемента забою визначаємо за формулою:

$$t_{у.е.з.} = n_c \cdot t_{у.с.} + t_{неp} + t_{в.с.} \cdot \frac{n_c \cdot t_{у.е.}}{60}, с.$$

Тут  $t_{в.с.}$  підставляємо у хвиликах.

При вивантаженні ґрунту у відвал, с

$$t_{у.е.з.} = n_{к.з} \cdot t_{у.с.} + t_{неp} + t_{в.с.} \cdot \frac{n_{к.з} \cdot t_{у.е.}}{60}.$$

Результати обчислень зображуємо на схемі циклу розробки елемента забою.

5. Для побудови схеми робочого процесу екскаватора протягом зміни слід визначити кількість елементів забою  $n_{e.з}$ , які екскаватор може зробити за зміну

$$n_{e.з} = \frac{T_{зм} - t_{зд.зм}}{t_{ц.е.з}},$$

де  $T_{зм}$  – тривалість зміни 8 год., або 28000 сек, приймаємо у секундах;

$t_{зд.зм}$  – час на здавання екскаватора екскаваторником, що змінюється, приймаємо  $15 \times 60 = 900$  с.

Якщо отриманий результат, крім цілого числа елементів забою містить ще дробову частину, то за  $n_{e.з}$  приймаємо тільки ціле число.

Під час розробки частини елемента забою, що залишилася, екскаватор завантажить ще деяку кількість самоскидів  $n'_c$ , яку можна обчислити за формулою

$$n'_c = \frac{T_{зм} - t_{зд.зм} - n_{e.з} \cdot t_{ц.е.з}}{t_{ц.с}}.$$

При роботі екскаватора у відвал для розробки частини елемента забою, що залишилась, екскаватор ще зробить декілька копань

$$n'_к = \frac{T_{зм} - t_{зд.зм} - n_{e.з} \cdot t_{ц.е.з}}{t_{ц.е}}.$$

На основі обчислених даних будуємо схему робочого процесу екскаватора протягом зміни.

6. Підраховуємо сумарний час на позациклові операції й зупинки екскаватора протягом зміни та обчислюємо коефіцієнт використання екскаватора за часом.

Сумарний час на позациклові періодичні операції та зупинки екскаватора протягом зміни при вивантаженні ґрунту у самоскид підраховуємо за формулою:

$$\sum t_{нц.он} = (t_{неп} + t_{в.с.} \cdot \frac{n_c t_{ц.с.}}{60}) n_{e.з.} + (t_{зм.с} - t_{н.н.} - t_{к})(n_c n_{e.з.} + n'_c) + t_{зд.зм}.$$

При вивантаженні ґрунту у відвал сумарний час підраховуємо за формулою:

$$\sum t_{нц.он} = (t_{неп} + t_{в.с.} \cdot \frac{n_{к.з} \cdot t_{ц.с.}}{60}) n_{e.з.} + t_{в.е.} \cdot \frac{n'_к \cdot t_{ц.е}}{60} + t_{зд.зм}.$$

Коефіцієнт використання екскаватора за часом визначається відношенням тривалості чистої роботи екскаватора протягом зміни до тривалості зміни:

$$k_в = \frac{T_{зм} - \sum t_{нц.он.}}{T_{зм}}.$$

7. Змінну експлуатаційну продуктивність одноківшевого екскаватора обчислюємо за формулою,  $m^3/зміну$ :

$$\Pi_{3M} = \frac{q \cdot k_H}{t_{y.e.} \cdot k_p} T_{3M} \cdot k_6.$$

## РОБОТА 5

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІННОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ БАШТОВОГО КРАНА

Визначити необхідну висоту підйому крюка; вибрати кран; визначити змінну продуктивність крана при суміщеному і несуміщеному циклах; визначити тривалість робочого циклу без суміщення і при суміщенні операцій; визначити ефективність суміщення операцій при роботі баштового крана.

Вихідні дані для розрахунку приймаються згідно з варіантом (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

Варіант	Маса вантажу, Q, т	$h_1$ , м	$h_2$ , м	$h_4$ , м	Тривалість ручних операцій, хв			Кут повороту, $\alpha$ , град.	$L_{пер}$ , м
					$t_1$	$t_6$	$t_7$		
1	3,15	17	2,5	4,0	1,0	7,0	0,5	45	15
2	2,70	22	0,8	2,0	1,5	8,0	0,6	50	30
3	3,60	14	2,69	3,0	1,5	7,5	0,5	30	10
4	4,67	27	0,22	2,5	1,0	8,5	0,6	60	20
5	3,00	18	2,43	2,0	1,0	7,0	0,6	45	30
6	2,20	29	2,58	4,0	1,5	8,0	0,5	50	45
7	6,00	23	0,22	2,0	1,0	7,5	0,6	60	35
8	4,12	15	2,71	2,5	1,5	8,5	0,5	30	10
9	2,95	30	2,57	3,5	1,5	7,5	0,6	70	25
10	2,45	21	2,6	3,0	1,0	8,0	0,5	50	35
11	4,75	27	3,2	4,0	1,5	7,0	0,6	60	20
12	2,50	15	2,75	3,0	1,5	8,5	0,6	45	35
13	5,85	21	2,62	2,0	1,0	7,5	0,5	60	10
14	6,00	17	2,44	3,0	1,5	8,0	0,6	30	40
15	2,67	19	0,22	2,5	1,0	7,0	0,5	50	15
16	5,48	24	2,7	3,5	1,5	7,5	0,6	70	30
17	3,40	13	2,43	3,0	1,0	8,5	0,6	60	25
18	4,20	23	0,8	2,0	1,0	8,0	0,5	30	10
19	3,00	15	3,5	2,5	1,5	7,5	0,6	50	35
20	4,50	28	0,22	4,0	1,5	8,5	0,5	45	20
21	4,45	13	2,65	3,5	1,0	8,0	0,6	70	40
22	3,03	16	3,15	3,0	1,5	7,0	0,5	60	15
23	5,00	25	2,68	4,0	1,5	8,5	0,6	50	30
24	3,66	19	2,8	3,5	1,0	7,5	0,5	70	25
25	3,75	25	2,43	3,0	1,0	8,0	0,5	30	10
26	4,00	29	2,77	2,5	1,5	7,0	0,6	70	35
27	4,20	20	2,68	3,5	1,5	8,0	0,5	60	30
28	5,43	17	0,8	4,0	1,0	7,5	0,6	45	25
29	3,45	26	2,56	2,0	1,0	7,0	0,5	70	15
30	6,66	21	0,8	3,5	1,0	7,5	0,6	45	25

### Методика розрахунку

1. Висота підйому крюка (рис. 5.1, табл. 5.1), м:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4,$$

де  $h_1$  – задана висота рівня монтажу;

$h_2$  – висота підйому вантажу над рівнем монтажу (з вимог техніки безпеки  $h_2=2,5..3,0$  м) ;

$h_3$  – висота виробу;

$h_4$  – довжина строп.

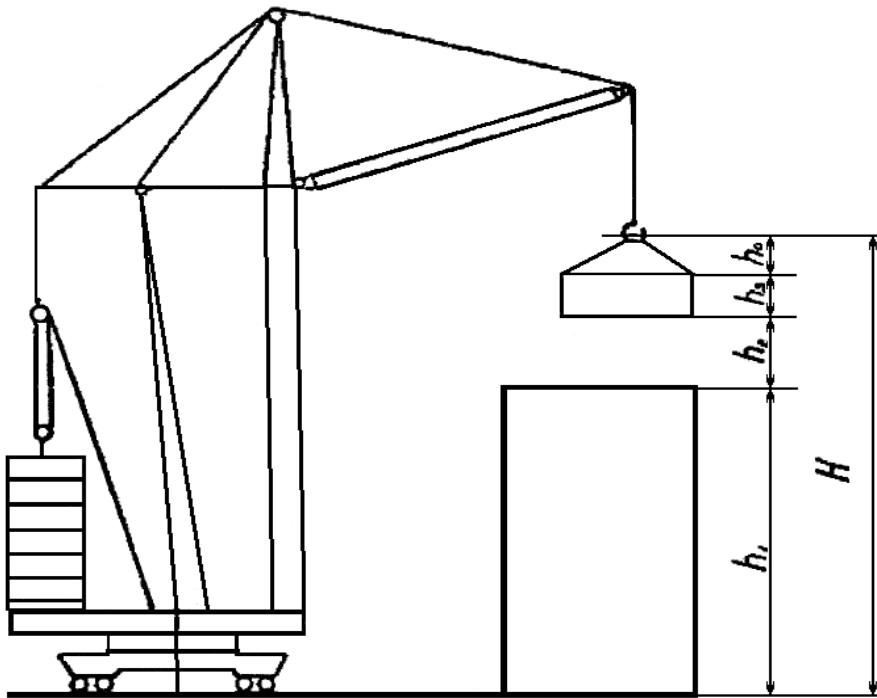


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема баштового крана

2. За визначеною висотою підйому крана ( $F_{\text{фусет}}$ )  $H$  і масою вантажу (freight), користуючись табл. 5.2, вибрати кран.

3. Обчислити тривалість робочого циклу крана. При роботі без суміщення операцій робочий цикл крана дорівнює сумі часу всіх операцій:

$$t_{\text{ц}} = \sum t_i.$$

Для збільшення продуктивності крана деякі операції можна суміщати (наприклад, підйом і переміщення вантажу, переміщення крана і опускання гака). В такому випадку, обчислюючи тривалість робочого циклу, враховують час більш тривалої операції з тих, які суміщаються:

$$t_{\text{ц}}^c = t_1 + t_2(t_4) + t_3 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10}(t_{11}).$$

Таблиця 5.2 – Технічні характеристики баштових пересувних кранів

Параметри	КБ-160	КБ-308	КБ-103	КБ-503А	КБ-405
Вантажопідйомність, <i>m</i>	5...8	3,2...8	4,5...8	7,5...10	4,8...8
Виліт, <i>m</i>	13...25	4,5...25	5,5...30	1,5...35	16...30
Виліт при максимальній вантажопідйомності, <i>m</i>	13	4,5	5,5	1,5	11
Максимальний вантажний момент, <i>кНм</i>	1600	1000	1125	2800	1350
Висота підйому, <i>m</i>	41...55	32,5...42	41...57,5	53...67,5	54...70
Швидкість, $10^{-2}$ <i>m/c</i> підйому та опускання	33; 66	30; 60	37	50	37
Посадки	6,7	8; 4	8	5	8
пересування крана	32,8	30	33	20	33
пересування вантажної каретки		27; 13,3	25	11,5; 6	
Частота обертання, $x\text{с}^{-1}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Маса крана, <i>m</i> :					
загальна	79,5	84	80,5	145	107,2
конструктивна	49,5	38	50,5	90	51,2

Тривалість робочого циклу складається з часу на:  $t_1$  – стропування виробу;  $t_2$  – підйом даного виробу до потрібного рівня;  $t_3$  – поворот стріли крана;  $t_4$  – переміщення крана по рейках;  $t_5$  – опускання вантажів до рівня монтування;  $t_6$  – утримання елемента, який монтується, під час установлення і його закріплення;  $t_7$  – розстропування (roz of stropuvannya) встановлених елементів;  $t_8$  – підйом крюка вантажопідйомним пристосуванням над рівнем монтування;  $t_9$  – повернення стріли у вихідне положення;  $t_{10}$  – зворотне переміщення крана;  $t_{11}$  – опускання крюка з вантажозахо-плювальним пристосуванням.

Тривалість ручних операцій  $t_1$ ,  $t_6$ ,  $t_7$  треба приймати за даними табл. 5.1, а тривалість інших операцій вираховують приблизно, при постійності швидкостей робочих рухів крана, не враховуючи періодів розгону і гальмування.

Тривалість підйому вантажу:

$$t_2 = \frac{h_1 + h_2}{V_n},$$

де  $V_n$  – швидкість підйому (табл. 5.2).

Час повороту стріли крана:

$$t_3 = \frac{\alpha}{360^\circ n},$$

де  $\alpha$  – робочий кут повороту крана (див. табл. 5.1);

$n$  – частота обертання крана (див. табл. 5.2).

Тривалість пересування крана по рейках:

$$t_4 = \frac{L}{V},$$

де  $L$  – довжина шляху пересування крана (див. табл. 5.1 );

$V$  – швидкість пересування крана (див. табл. 5.2 ).

Час, який витрачений на опускання вантажу до рівня монтажу (level of editing):

$$t_5 = \frac{h_2}{V_{on}},$$

де  $V_{on}$  – швидкість опускання (див. табл. 5.2).

Тривалість підйому крюка зі стропами над рівнем монтажу:

$$t_8 = \frac{h_2}{V_n}.$$

Тривалість інших операцій:

$$t_9 = t_3; t_{10} = t_{11}; t_{11} = \frac{h_1 + h_2}{V_{on}}.$$

4. Визначити змінну продуктивність крана,  $m/зміну$ :

а) при суміщеному циклі

$$\Pi_{змін}^c = T \cdot \kappa_B \cdot Q \cdot n_c;$$

б) при несуміщеному циклі

$$\Pi_{змін} = T \cdot \kappa_B \cdot Q \cdot n,$$

де  $T$  – нормативний час зміни (8 год);

$\kappa_B$  – коефіцієнт використання крана за часом протягом зміни ( $\kappa_B = 0,82 \dots 0,88$ );

$n_c, n$  – кількість робочих циклів крана на годину:

$$n_c = \frac{3600}{t_{\text{ц}}^c}, \quad n = \frac{3600}{t_{\text{ц}}},$$

де  $t_{\text{ц}}^c, t_{\text{ц}}$  – час робочих циклів, відповідно суміщеного і несуміщеного, с.

5. Ефективність суміщення операцій при роботі крана характеризується підвищенням його продуктивності

$$E = \frac{\Pi_{змін}^c - \Pi_{змін}}{\Pi_{змін}} \cdot 100\%.$$

## РОБОТА 6

### ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИН ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Ущільнення дорожньо-будівельних матеріалів виконують трьома методами: *укочуванням, трамбуванням і вібруванням*. Типи і сфери застосування ущільнювальних машин визначаються їх можливістю забезпечити необхідну густину при заданій товщині шару матеріалу з найменшими витратами [4]. Так, для ущільнення ґрунтів використовують кулачкові (статичної дії) і трамбувальні (динамічної дії) машини (*trambuvальні машини*), а для ущільнення гравійно-щебених матеріалів, асфальтобетонних і бітумно-мінеральних сумішей – котки з гладкими металевими вальцями і самохідні віброкотки.

Елемент матеріалу, що знаходиться на певній глибині, дістає при ущільненні імпульс напруження, значення і характер якого визначається методом ущільнення і параметрами робочого обладнання. Якість ущільнення залежить від напруження в зоні ущільнення між матеріалом і робочим органом та часу його впливу (для вібраційних машин є додаткові параметри). Надмірне збільшення ущільнювальної маси кулачкових котків і трамбувальних машин може призвести до руйнування поверхневого шару.

В дорожньому будівництві застосовують самохідні і причіпні котки, які пересуваються трактором. *Кулачкові котки (kotok)* використовують для ущільнення зв'язного ґрунту, що складається переважно з грудок; вони забезпечують підвищену глибину ущільнення матеріалу. *Котки на пневмошинах* застосовують для укочування свіжонасипаного ґрунту. *Гладкі вальці* використовують на зв'язних і незв'язних (сипучих) ґрунтах, поверхня укоченого ними матеріалу майже не розпушується. *Вібраційні котки* призначені для ущільнення незв'язних розпушених ґрунтів і асфальтобетонних сумішей, вони використовують явище тиксотропії (розрідження при впливі високочастотних коливань з подальшим поверненням структурної міцності матеріалу). *Віброплити* застосовують при зворотному засипанні траншей, каналів, насипів тощо. *Машини ударної дії* використовують енергію падіння маси при ущільненні зв'язних і незв'язних ґрунтів. Найбільш ефективними для ущільнення маси дорожніх покриттів є котки комбінованої дії, наприклад, поєднання гладкого віброкотка з пневмошинним тягачем.

Сила тяги трактора (*tractor*) для котків повинна бути не менша за суму всіх опорів, що виникають під час руху котка.

$$T \geq F_1 + F_2 + F_3,$$

де  $F_1$  – опір перекочуванню котка по дорозі з урахуванням схилів,  $kH$ ;



$F_2$  – опір від сил інерції при зрушенні з місця,  $\kappa H$ ;

$F_3$  – додатковий опір, що виникає під час руху котка на криволінійних ділянках,  $\kappa H$ .

Опір (resistance) перекочуванню котка по дорозі

$$F_1 = G_K (f + i),$$

де  $G_K$  – вага котка,  $\kappa H$ ;

$f$  – коефіцієнт опору коченню (табл. 6.1);

$i$  – схил дороги.

Таблиця 6.1 – Коефіцієнти опору коченню  $f$

Підґрунтя	Вальці котків				
	Гладкі металеві	Кулачкові легкі до 6 <i>m</i>	Кулачкові важкі до 35 <i>m</i>	На пневматичних шинах	Вібраційні
Розпушений щебінь	0,15...0,20	0,25...0,30	0,37... 0,40	0,20	0,10...0,12
Щільний щебінь	0,06... 0,08	0,19...0,21	0,29... 0,32	0,18	0,03... 0,04
Асфальтобетон (перший прохід)	0,12..0,15	0,22... 0,25	0,34... 0,37	0,19	0,06
Асфальтобетон (останні проходи)	0,05... 0,06	0,18...0,19	0,28. .0,29	0,17	0,035
Гарне асфальтобетонне покриття	0,045	0,17	0,26	0,16	0,03
Бруківка	0,07	0,20	0,30	0,18	0,04
Ґрунт глинистий	0,08	0,25	0,32	0,10	0,06

Опір від подолання сил інерції котка

$$F_2 = \frac{m_k \cdot v}{3,6 \cdot t} \cdot \lambda,$$

де  $m_k$  – маса котка,  $\kappa 2$ ;

$v$  – робоча швидкість котка,  $\kappa m/год$  (табл. 6.2);

$t$  – час розгону котка, приблизно дорівнює  $t = 4...5$  *c*;

$\lambda$  – коефіцієнт, що враховує інерцію мас трансмісії, двигуна і вальців котка, які обертаються,  $\lambda = 1,1...1,15$ .

Опір під час руху котка на криволінійних ділянках

$$F_3 = k G',$$

де  $k$  – коефіцієнт опору (під час руху на розпушеній поверхні  $k = 0,3$ , під час руху на щільній поверхні  $k = 0,2$ );

$G'$  – вага котка, що припадає на напрямні вальці,  $\kappa H$  (для двовальцевого

котка прийняти  $G'=(0,35\dots0,45)G_K$ , для тривальцьового –  $G'=(0,3\dots0,4)G_K$ .  
Таблиця 6.2 – Рекомендована швидкість руху для котків

Типи котків	Швидкість $v$ , км/год, при товщині шару ущільнення $\delta$ , м			
	0,1	0,2	0,4	0,6
Кулачкові	-	-	10... 12	-
Гладкі металеві	2...4	1,5...4	-	-
На пневматичних шинах:				
в перших двох проходах	8...9	2...3	1,5...2	-
в наступних проходах	5...25	9...10	6...8	-
Вібраційні	1...3	1...3	1...2	1...2

Силу тяги на ведучих вальцях котка перевіряють за умовою зчеплення з поверхнею покриття, що укочується,

$$T \leq Q_{зч} \varphi_{зч}$$

де  $Q_{зч}$  – зчїпна вага котка, тобто сила тяжіння, що припадає на ведучі вальці, кН (для двовальцьового котка взяти  $Q_{зч} = (0,7\dots0,85)G_K$ , для тривальцьового –  $Q_{зч}=(0,6\dots0,8)G_K$ );

$\varphi_{зч}$  – коефіцієнт зчеплення (для щебеневого підґрунтя –  $\varphi_{зч}=0,3\dots0,4$ ; для бруківки –  $\varphi_{зч}=0,5\dots0,6$ ; для асфальту –  $\varphi_{зч}=0,8\dots1,0$ ).

Потужність двигуна котка, кВт

$$N = 0,277 T / \eta ,$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії від двигуна до ведучих вальців,  $\eta = 0,65\dots0,85$ .

Розраховують тиск, який створюють вальці на покриття дороги, МПа

$$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{10^3 \cdot q \cdot E_0}{R}} .$$

де  $q$  – питомий лінійний тиск (linear pressure), кН/м (табл. 6.3),  $q=G_x/b$ ;

$b$  – ширина вальця (ширина смуги ущільнення за один прохід), м;

$R$  – радіус вальця, м;

$E_0$  – модуль деформації; для щебеневого і гравійного підґрунтя на початку ущільнення  $E_0 = 30$  МПа, в кінці ущільнення  $E_0 = 100$  МПа; для асфальто-бетонної суміші відповідні модулі мають значення  $E_0=5\dots10$  МПа і  $E_0=50\dots80$  МПа.

Таблиця 6.3 – Типорозміри самохідних котків за питомим лінійним тиском

Показники	Котки		
	легкі	середні	важкі
Питомий лінійний тиск, $q$ , кН/м	до 40	35...60	понад 60
Маса, $m_k$ , т	до 5	6...10	понад 10
Потужність, $N$ , кВт	до 25	25...30	понад 35

Для якісного ущільнення дорожнього покриття необхідно, щоб контактний тиск  $\sigma_{max}$  не перевищував допустимого напруження  $[\sigma]$ ; для котків з гладкими жорсткими вальцями ці дані наведено в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Допустимий контактний тиск  $[\sigma]$ , МПа

Матеріал покриття дороги	На початку ущільнення	В кінці ущільнення
Щебенева підгрунтя	0,6... 0,7	3,0...4,5
Гравійне підгрунтя	0,4... 0,6	2,5...3,0
Асфальтобетон гарячий	0,4.. 0,5	3.0.. .3.5
Ґрунт укріплений: цементом бітумом	0,3.. .0,4	4,0... 5,0
	0,3...0,4	1,0... 1,5

При використанні вібраційних котків значний вплив на ефект ущільнення мають прискорення і частота коливань. Необхідна тривалість вібрування, хв.

де  $c$  – число навантажень при вібруванні, необхідних для досягнення заданої щільності ґрунту, для незв’язних ґрунтів  $c=(1,5...5) \cdot 10^3$ ;

$m_g$  – частота коливань вібратора у хвилину.

Вагу вібраційної плити розраховують за статичним тиском

де  $G_g$  – вага вібратора, кН;

$S$  – площа плити,  $m^2$ .

Для досягнення максимальної глибини ущільнення на перезволожених пісках необхідно створити тиск  $\sigma_{cm}=30...40$  МПа, на пісках оптимальної вологості –  $\sigma_{cm}=30...40$  МПа; на супісках –  $\sigma_{cm}=30...40$  МПа.

Машини ударної дії вибирають за енергією падаючої маси  $E$ , кН·м (для важких машин  $E = 10... 50$  кН·м, середніх –  $E = 1...10$  кН·м, легких –  $E = 0,5...2,0$  кН·м). Необхідну масу трамбівки розраховують за питомим імпульсом удару,  $(H \cdot c)/m^2$

$$I_{num} = \frac{m_m \cdot \sqrt{2g \cdot H}}{S},$$

де  $m_m$  – приведена маса трамбівки, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ ;

$H$  – висота падіння вантажу,  $H = 1,2...2,0$  м;

$S$  – ударна площа трамбівки,  $m^2$ .

Глибина трамбування може досягати  $h = 0,8... 1,5$  м.

Число ударів трамбівки в залежності від питомого ударного імпульсу для різних ґрунтів (табл. 6.5) визначають за експериментальним графіком, показаним на рис. 6.1.

Таблиця 6.5 – Величина питомого імпульсу удару трамбівкою

Ґрунт	Питомий імпульс удару, $I_{num}$ , $(кН \cdot c)/m^2$
Малов’язкий	0,4...0,6

Середньої в'язкості	0,6...1,0
Високої в'язкості	1,0...1,7
Дуже в'язкий (важкі суглинки і глини)	1,7...2,2

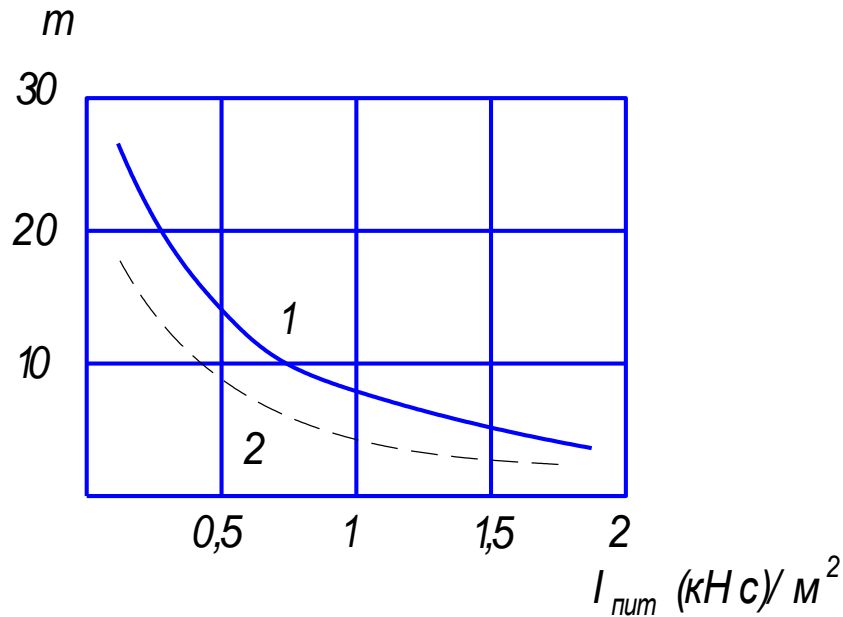


Рисунок 6.1 – Визначення числа ударів трамбівки:

1 – для незв'язного ґрунту оптимальної вологості; 2 – для зв'язного ґрунту

Технічна продуктивність (technical productivity) машин для ущільнення дорожньо-будівельних матеріалів (самохідних і причіпних котків, трамбівок, віброкотків і віброплит) визначають за формулою,  $m^3/год$

$$\Pi_m = \frac{3600 \cdot (b - a) \cdot l_3 \cdot h}{\left(3,6 \cdot \frac{l_3}{v} + t_{рев}\right) \cdot m},$$

де  $b$  – ширина смуги ущільнення (котка або трамбівок),  $m$ ;

$a$  – ширина перекриття суміжних смуг ущільнення, зазвичай  $a = 0,1 \dots 0,2 m$  (рис. 6.2);

$l_3$  – довжина захватки (одного проходу котка),  $m$ ;

$v$  – швидкість руху трактора,  $км/год$ ;

$t_{рев}$  – час реверсуваня (зміни напрямку руху),  $t_{рев} = 30 \dots 40 c$ ;

$h$  – товщина шару ефективного ущільнення,  $m$ ;

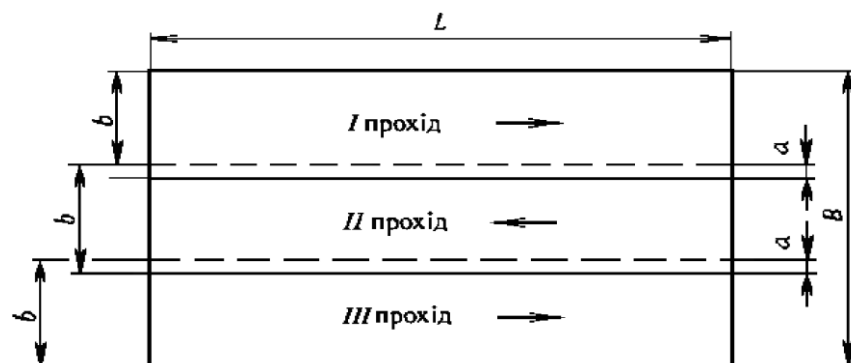


Рисунок 6.2 – Схема проходів при ущільненні покриття дороги

$m$  – необхідне число проходів по одному місцю (табл. 6.6).

Експлуатаційна змінна продуктивність ущільнювальних машин, м<sup>3</sup>/зміну

$$P_e^{zm} = P_m \cdot t_{zm} \cdot k_e,$$

де  $t_{zm}$  – тривалість робочої зміни,  $t_{zm} = 8 \text{ год}$ ;

$k_e$  – коефіцієнт використання часу зміни,  $k_e = 0,8 \dots 0,85$ .

Таблиця 6.6 – Кількість проходів  $m$  котків по одній смузі

Котки	Підґрунтя дороги			
	асфальтобетон дрібнозернистий	асфальтобетон крупно- і середньозернистий	гравійно-щебенева	ґрунтове
Кулачкові	–	–	5...6	2...4
Гладкі металеві	25...30	25...30	40...60	–
Вібраційні	5...12	3...8	–	–
Пневматичні	10...16	4...10	5...12	6...8

*Примітка.* При збільшенні температури асфальтобетонної суміші з 70 до 100°C кількість проходів котків статичної дії зменшується в 2...3 рази.

Продуктивність віброплити, м<sup>3</sup>/зміну

$$P_e^{zm} = \frac{60 \cdot n' (D - a)^2 \cdot h}{m} \cdot t_{zm} \cdot k_e,$$

де  $n'$  – число ударів плити в хвилину;

$D$  – розмір опорної поверхні плити, що дорівнює стороні квадрата (для квадратних плит) чи діаметру (для круглих плит), м;

$m$  – число ударів по одному місцю, необхідних для ущільнення ґрунту. Ширину перекриття для плит також беруть  $a = 0,1 \dots 0,2 \text{ м}$ .

Час, необхідний для ущільнення дорожнього полотна, змін

$$T = \frac{P_e^{zm}}{h \cdot l_3 \cdot n_3 (b - a) \cdot n_c},$$

де  $n_3$  – кількість захватів по довжині  $L$  дороги (табл. 6.7),  $n_3 = L/L_3$ ;

$n_c$  – число захватів по ширині  $B$  дороги,  $n_c = B/(b-a)$  (при розрахунку  $n_c$  округлюють в більший бік).

Технічні характеристики машин для ущільнення дорожньо-будівельних матеріалів них наведено в табл. 6.7...6.12.

Таблиця 6.7 – Технічні характеристики причіпних пневмоколісних котків

Показники	Д-625	Д-263	Д-703	Д-551Б
Ширина смуги ущільнення, м	2,2	2,5	2,64	2,8
Товщина шару ущільнення, м	0,25	0,4	0,4	0,45
Число коліс	5	6	5	4
Тиск повітря в шинах, МПа	0,56	0,56	0,4	4,25
Швидкість руху, км/год.	до 3,0	5...25	до 5	до 25
Маса, т	12,5	25,0	25,0	25,0
Тягач	Т-100	К-700	Т-180	МАЗ-546П

Таблиця 6.8 – Технічні характеристики причіпних котків з кулачковими вальцями

Показники	Д-614	Д-220Б
Ширина смуги ущільнення, <i>м</i>	1,8	2,7
Кількість вальців	1	2
Діаметр вальця, <i>м</i>	1,4	2,4
Висота кулачків, <i>м</i>	0,2	0,4
Товщина шару ущільнення, <i>м</i>	0,2	0,4
Швидкість руху, <i>км/год.</i>	3,0	3,0
Маса, <i>т</i>	9	28
Тягач	Т-130	Т-180

Таблиця 6.9 – Технічні характеристики віброплит

Показники	SVP 12,5	SVP 25	BVP 63
Потужність двигуна, <i>к.с.</i>	3,5	6	15
Продуктивність, <i>м<sup>2</sup>/год.</i>	550	750	900
Глибина ущільнення, <i>м</i>	0,4	0,4	0,6
Швидкість пересування, <i>м/хв</i>	15	17	17
Схил при пересуванні, %	25	25	18
Число вібраторів	1	2	22
Ширина захвату, <i>м</i>	0,55	0,75	0,9
Сила вібрації, <i>кН</i>	12,5	25,0	63,0
Маса, <i>т</i>	150	270	700

Таблиця 6.10 – Технічні характеристики причіпних віброкотків

Показники	3 гладкими вальцями
Ширина смуги ущільнення, <i>м</i>	1,4
Кількість вальців	1
Діаметр вальця, <i>м</i>	1,2
Потужність двигуна, <i>к.с.</i>	40
Сила вібрації, <i>кН</i>	80
Частота вібрації, <i>хв<sup>-1</sup></i>	2000
Швидкість руху, <i>км/год.</i>	до 3,0
Глибина ущільнення, <i>м</i>	до 0,6
Маса, <i>т</i>	до 3,0
Тягач: гусеничний або колісний трактор	3,0
	клас
	1,5-3 <i>т·с</i>

Таблиця 6.11 – Технічні характеристики машини ударної дії

Показники	Трамбівка Д У-12В ДУ-12В
Базовий трактор	Т-130
Кількість плит	2
Маса плити, <i>т</i>	1,3
Розмір плити, <i>м</i>	1,0×1,0
Висота падіння плит, <i>м</i>	1,3
Ширина захвату плит, <i>м</i>	2,5
Число ударів плит за хвилину	2×16 = 32
Кількість ударів по одному місцю	3...6
Енергія одного удару, <i>кН·м</i>	14,3
Швидкість пересування, <i>км/год.</i>	0,08... 0,2
Глибина ущільнення, <i>м</i>	до 1,2
Маса, <i>т</i> :	18...18,7
Машини з трактором навісного обладнання	

	6,5
--	-----

**Вправа 6.** Відповідно до виробничого завдання (табл. 6.12), вибрати необхідний тип ущільнювальної машини, для якої визначити тягове зусилля тягача, параметри ущільнення матеріалу і продуктивність машини.

Таблиця 6.12 – Вихідні дані

Варі-ант	Підґрунтя дороги	Довжина дороги, $L$ , м	Ширина дороги, $B$ , м	Товщина шару ущільнення, $h$ , м	Схил дороги, $i$
1	Щебінь	2800	6	0,6	0,05
2	Асфальтобетон	1600	8	0,2	0,06
3	Гравій	4000	10	0,5	0,07
4	Бруківка	900	12	0,45	0,08
5	Асфальт	1300	14	0,1	0,09
6	Ґрунт глинистий	700	6	1,0	0,10
7	Щебінь	1050	8	0,6	0,05
8	Асфальтобетон	4000	10	0,25	0,06
9	Гравій	2800	12	0,3	0,07
10	Бруківка	1600	14	0,8	0,08
11	Асфальт	4000	6	0,15	0,09
12	Ґрунт глинистий	900	8	0,2	0,10
13	Щебінь	1300	10	0,5	0,05
14	Асфальтобетон	700	12	0,15	0,06
15	Гравій	1050	14	0,1	0,07
16	Бруківка	4000	6	1,0	0,08
17	Асфальт	2800	8	0,15	0,09
18	Ґрунт глинистий	1600	10	0,2	0,10
19	Щебінь	4000	12	0,3	0,05
20	Асфальтобетон	900	14	0,25	0,06
21	Гравій	1300	6	0,6	0,07
22	Бруківка	700	8	0,2	0,08
23	Асфальт	1050	10	0,15	0,09
24	Ґрунт глинистий	4000	12	0,4	0,10
25	Щебінь	2800	14	0,1	0,05
26	Асфальтобетон	1600	6	0,2	0,06
27	Гравій	4000	8	0,65	0,07
28	Бруківка	900	10	0,2	0,08
29	Асфальт	1300	12	0,1	0,09

30	Ґрунт глинистий	700	14	0,8	0,10
----	-----------------	-----	----	-----	------

*Послідовність виконання*

1. Згідно з вихідними даними (табл. 6.12) і ґрунтовими умовами виберіть тип ущільнювальної машини та нарисуйте технологічну схему виконання робіт.
2. Розрахуйте тяговий баланс для самохідних або причіпних котків.
3. Встановіть необхідну потужність двигуна і технічну продуктивність ущільнювальної машини.



## РОБОТА 7

### ВИБІР ВІБРОЗАНУРЮВАЧА ПАЛІ

Вібросанурювачі (vibrozanuryuvach) використовують для занурення залізобетонних палі тонкостінних палі-оболонки та сталевго шпунта у незв'язні водонасичені ґрунти.

Вібросанурювач (рис. 7.1) – це механізм, який передає елементу, який занурюється, коливання повної частоти, амплітуди та напрямку. При цьому різко знижується тертя палі по ґрунту, що полегшує її занурення у ґрунт.

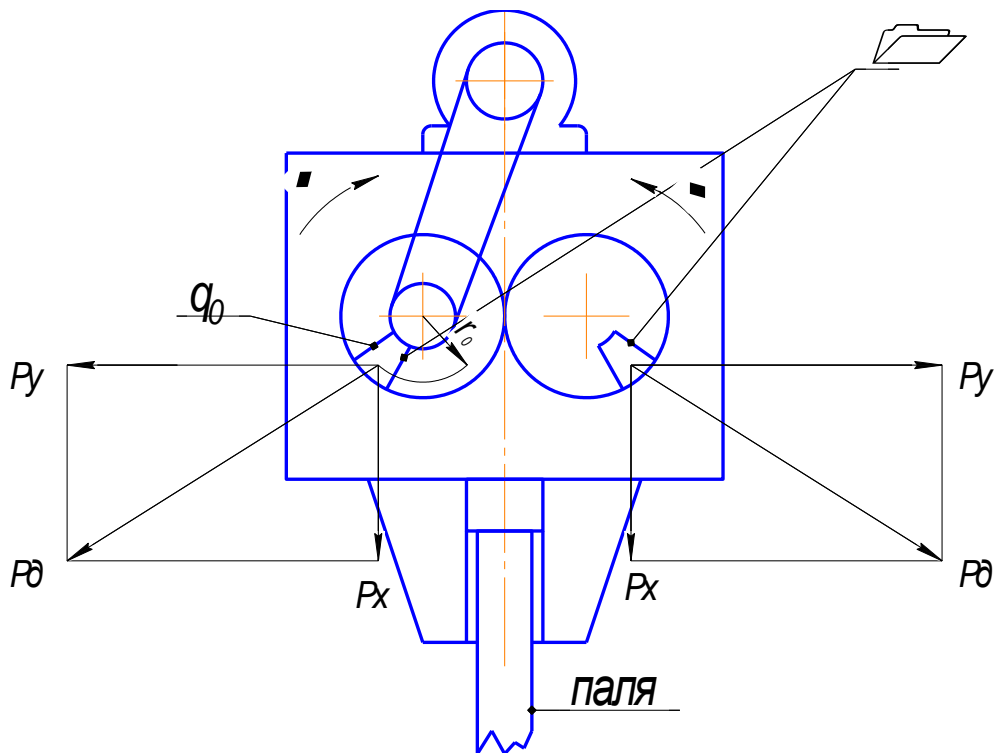


Рисунок 7.1 – Схема вібросанурювача

У вібросанурювачах використовують віброзбуджувачі направленої дії, в яких 2 дебаланси I вагою  $q_0$  кожний, що синхронно обертаються, створюють змінну збуджувальну силу, амплітуда якої дорівнює:

$$Q = 2 \frac{q_0}{g} \cdot r_0 \cdot \omega^2.$$

Ця сила має напрям завжди вздовж осі X-X. Вона змушує коливатися всю масу віброзбуджувача та з'єднану з ним палю з амплітудою  $A$ . Величину  $M=2g_0 r_0$ , називають статичним моментом дебалансів.

Вібросанурювачі поділяють на низькочастотні (частота коливань  $\omega = 300 \dots 500 \text{ хв}^{-1}$ ) та високочастотні ( $\omega = 700 \dots 500 \text{ хв}^{-1}$ ). Кожна група має свої межі використання: низькочастотні – для занурення важких

залізобетонних паль, металевих труб, паль-оболонки, високочастотні – для занурення елементів з малим лобовим опором (шпунтів, профільного металу).

Для ефективного занурення палі (pile) необхідно, щоб, по-перше, сума всіх сил, які прикладені до палі, була достатньою для її занурення; по-друге, амплітуда  $A$  коливань системи віброзбуджувач–палі повинна в 4...5 разів перевищувати так звану початкову амплітуду  $A_0$ , при якій починається занурення палі; по-третє, амплітуда збуджувальної сили  $Q$  вібратора повинна бути достатньою для подолання опору ґрунту зриву палі при заданій глибині занурення.

Тому основними параметрами, за якими вибирають занурювач, є: маса, статичний момент дебалансів, який забезпечує потрібну амплітуду коливань, та амплітуда збуджувальної сили.

*Завдання.* За заданими параметрами залізобетонної палі та ґрунтовими умовами розрахувати необхідні параметри та вибрати віброзбуджувач.

Вихідні дані для розрахунків наведені у табл. 7.1.

1. Визначимо вагу палі,  $\kappa H$  (без урахування її загострення)

$$G_{II} = S \cdot L \cdot \gamma,$$

де  $S$  – площа перерізу палі,  $m^2$ ;

$L$  – довжина палі,  $m$ ;

$\gamma = 30 \kappa H/m^3$  – об'ємна вага матеріалу палі.

2. Визначимо величину критичного опору зриву занурювання палі,  $\kappa H$ :

$$T = 10^3 \cdot l \cdot H \cdot \tau,$$

де  $l$  – периметр поперечного перерізу палі,  $m$ ;

$H$  – глибина занурення палі,  $m$ ;

$\tau$  – питомий опір ґрунту зануренню палі, який залежить від типу палі та ґрунту,  $MПа$  (табл. 7.1).

3. Визначаємо амплітуду збуджувальної сили,  $\kappa H$ :

$$Q \geq K \cdot T$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує вплив якостей ґрунту (для легких паль ( $G_{II}$  до  $10 \kappa H$ )  $K = 1$ ; для середніх ( $G_{II} = 30 \dots 60 \kappa H$ )  $K = 0,84$ ; для важких паль ( $G_{II}$  більше  $60 \kappa H$ )  $K = 0,6$ ).

№ варіанта	Переріз палі, $\alpha \times \alpha$ , ( $m \times m$ ) <sup>2</sup>	Довжина палі, $L$ , м	Глибина занурення палі, $H$ , м	Тип ґрунту	Питомий опір ґрунту зануренню, $\tau$ , МПа	Необхідна амплітуда коливань системи занурювач–палі, $A$ , м
1	2	3	4	5	6	7
1	0,35×0,35	10	9	Водонасичені піщані	0,007	0,01
2	0,35 × 0,35	12	10			
3	0,4×0,4	14	11			
4	0,4×0,4	16	14			
5	0,3×0,3	18	16			
6	0,35×0,35	9	7			
7	0,35×0,35	11	8			
8	0,35×0,35	13	10			
9	0,4×0,4	15	13			
10	0,4×0,4	17	15			
11	0,3×0,3	11	10			
12	0,35×0,35	13	10	Водонасичені піщані з глинистими прошарками	0,01	0,015
13	0,35×0,35	15	13			
14	0,4×0,4	17	15			
15	0,4×0,4	19	17			
16	0,3×0,3	6	7			
17	0,35×0,35	10	8			
18	0,35×0,35	12	9			
19	0,4×0,4	14	12			
20	0,4×0,4	16	14			
21	0,3×0,3	14	13			
22	0,35×0,35	15	12			
23	0,35×0,35	17	12			
24	0,35×0,35	19	14			
25	0,4×0,4	20	15			
26	0,4×0,4	12	10			
27	0,3×0,3	14	10			
28	0,35×0,35	16	12			
29	0,35×0,35	18	13			
30	0,4×0,4	20	16			

Таблиця 7.1 – Вихідні дані

4. Визначимо мінімальну вагу системи занурювач–палі,  $\kappa H$ :

$$G = 10^3 \cdot P_0 \cdot S,$$

де  $P_0$  – необхідний тиск на палю, МПа (для залізобетонних палей квадратного перерізу  $P_0$  дорівнює: для легких палей – 0,5 МПа, для середніх

– 0,65 МПа; для важких – 0,8 МПа).

5. Перевіряємо величину ваги системи занурювач–палля  $G$  за безрозмірними експериментальними коефіцієнтами  $\nu_1$  та  $\nu_2$ :

$$\nu_1 \leq \frac{G}{Q} \leq \nu_2,$$

які дорівнюють: для легких палль 0,3 та 0,6; для середніх – 0,35 та 0,8; для важких – 0,4 та 1,0 відповідно.

Остаточно вибираємо вагу системи занурювач–палля.

6. Визначаємо вагу віброзанурювача,  $\kappa H$ :

$$G_B = G - G_{II}.$$

7. Визначаємо статичний момент дебалансів,  $\kappa Hm$ :

$$M = A \cdot \frac{G}{K_c},$$

де  $A$  – амплітуда коливань системи, яка залежить від ґрунтових умов та типу занурюваного елемента (див. табл. 7.1);

$K_c$  – коефіцієнт, який враховує тип паллі (для залізобетонних палль 0,8).

8. Визначаємо кутову частоту обертання дебалансів (debalans),  $c^{-1}$

$$\omega = \sqrt{Q \cdot \frac{g}{M}},$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ .

9. Визначаємо мінімальну розрахункову потужність електродвигуна віброзбурення,  $\kappa Bm$ :

$$N = M \cdot \frac{\omega}{\eta},$$

де  $\eta$  –  $KКД$  електроприводу (0,6...0,9).

10. Записуємо основні розрахункові параметри:

- потужність електродвигуна  $N$ ,  $\kappa Bm$ ;
- статичний момент дебалансів  $M$ ,  $\kappa Hm$ ;
- амплітуда збуджувальної сили  $Q$ ,  $\kappa H$ ;
- частота обертання дебалансів  $\omega$ ,  $c^{-1}$ ;
- вага віброзбуджувача  $G_B$ ,  $\kappa H$ .

11. Вибираємо тип віброзбудження, користуючись табл. 7.2, та виписуємо його технічні дані, порівнявши їх з розрахунковими параметрами.

Таблиця 7.2 – Технічні характеристики віброзанурювачів

Показник	Низькочастотні								Високо-частотні
	ВП-1	ВП-3М	ВУ-1, 6	ВУ-3	ВП-160	ВП-170	ВРП30/120	ВРП80/200	ВПП-2А
1. Електродвигун: - номінальна потужність, <i>N, кВт</i> - тип - кількість	60 ВМТ-60 1	100 МТВ-711 1	75×2 АК-101-8М 2	200×2 АК-113-8М 2	160 АК-104-8М 1	200 АК-113-8М 1	132 АК-3- 315-М2-6 1	100×2 ВМТ-7 2	40 АОП-83-6 1
2. Амплітуда збуджувальної сили, <i>Q, кН</i>	190	440	960	2800; 3400	1020; 1250; 1600	940; 1270; 1700	0 - 860	500 - 1820	250
3. Частота обертання дебалансів, <i>ω, об/хв</i>	420	408	496	500; 550	404/808* 449/898 505/1010	408; 475; 500	300 - 520	300 - 520	1500
4. Статичний момент дебалансів, <i>M, Н·м</i>	930	2360	3450	9940	3520	510	0 - 3000	3000 - 6000	100
5. Кількість дебалансових валів	4	4	4	6	8	8	4	4	4
6. Маса віброзанурювача, <i>Gв, кг</i>	4500	7500	11600	27600	11200	12400	7200	13000	2200
7. Габаритні розміри, <i>мм</i> : - довжина - ширина - висота	1300 860 1650	1560 1540 2130	2620 2700 1850	5150 4420 2480	2050 1420 3750	1600 1520 3300	1440 1400 2245	4280 2020 2270	1270 800 2250

## РОБОТА 8

### ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОТКА СТАТИЧНОЇ ДІЇ

*Завдання:* Визначити максимально допустимий тиск на ґрунт, за яким вибрати коток: визначити глибину активної зони ущільнення; визначити експлуатаційну продуктивність котка.

Початкові дані для розрахунку наведені відповідно до варіанта у табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Вихідні дані

№ варіанта	Ґрунт	Вологість, $W, \%$	Висота насипу, $H, м$	Границя міцності, $\sigma, Н/м^2$	Відносна деформація, $E_0, мм$	Радіус вальця, $R, м$
1	2	3	4	5	6	7
1	суглинок	22	1,2	0,23	0,082	0,4
2		25	1,4	0,25	0,085	0,5
3		26	1,2	0,26	0,088	0,6
4	супісок	15	0,8	0,21	0,071	0,7
5		16	0,9	0,20	0,076	0,4
6		18	0,8	0,19	0,077	0,5
7		20	0,9	0,18	0,078	0,6
8		22	0,8	0,18	0,079	0,7
9	пісок	12	0,8	0,16	0,062	0,4
10		14	0,9	0,17	0,063	0,5
11		16	1,1	0,16	0,068	0,6
12		17	1,2	0,17	0,071	0,7
13		18	1,1	0,16	0,072	0,4
14		19	1,0	0,15	0,065	0,5
15	глина	20	1,1	0,31	0,081	0,6
16		21	1,2	0,32	0,082	0,7
17		22	1,3	0,33	0,083	0,4
18		23	1,4	0,32	0,084	0,5
19		24	1,2	0,33	0,085	0,6
20		25	1,3	0,35	0,083	0,7
21		26	1,4	0,35	0,086	0,4
22		18	1,2	0,38	0,087	0,6
23		20	1,3	0,36	0,088	0,7
24	пісок	22	1,2	0,32	0,089	0,4
25		18	1,0	0,16	0,061	0,5
26		15	0,7	0,17	0,065	0,6
27		20	1,6	0,15	0,070	0,7
28		28	1,2	0,17	0,083	0,5,

### Методика розрахунку

Розглядаючи поле напружень ґрунтового масиву при ущільненні, можна виділити активну зону, в границях якої реалізується приблизно 90% усієї необхідної деформації ґрунту. Глибина активної зони залежить від виду і стану ґрунту, від геометричних характеристик елемента, що ущільнюється, а також від максимально допустимого тиску на ґрунт.

1. Визначити максимально допустимий тиск на ґрунт

$$\delta_{max} = (0,8 - 0,9) \delta.$$

2. Визначити лінійний тиск, Н/м:

$$P = (0,6 \dots 0,8) \cdot \delta_{max}^2 \cdot \frac{R}{E},$$

де  $E$  – модуль деформації ґрунту (module of deformation of soil),  $H/M^2$ ;  
 $E = (15 \dots 20) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 \sim$  для зв'язних ґрунтів,  $E = (10 \dots 20) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  для незв'язних ґрунтів;

$R$  – радіус вальця, м.

Використовуючи табл. 8.2, вибрати тип котка і вписати його характеристику за величиною лінійного тиску.

3. Визначити глибину активної зони ущільнення, см:

$$h = 0,3 \frac{W}{W_0} \cdot \sqrt{p \cdot R},$$

де  $W$  – вологість ґрунту (див. табл. 8.1);

$W_0$  (0,3...0,5) – оптимальна вологість ґрунту;

$p$  – лінійний тиск (linear pressure),  $H/cm$

4. Кількість проходів котка:

$$n = \frac{H}{h}.$$

5. Експлуатаційна продуктивність котка за зміну при вибраній робочій швидкості пересування (табл. 8.2)  $m^3 / \text{зміну}$

$$P_{екх} = \frac{1000(B - b) \cdot V \cdot K_b \cdot h \cdot t}{n},$$

де  $B$  – ширина смуги, що ущільнюється, м;

$b = 0,1 \text{ м}$  – ширина перекриття суміжних смуг;

$V$  – швидкість руху машини,  $км/год$ ;

$K_b = 0,8 \dots 0,85$  – коефіцієнт використання машини в часі;

$t$  – час зміни,  $год$ .

Таблиця 8.2 – Вихідні дані

Показники	ДУ-50	ДУ-8В	ДУ48 А	ДУ-9В (Д-400В)	ДУ-49А
Ширина ущільненої смуги, <i>м</i>	1,8	1,29	1,85	1,29	1,29
Вальці:					
Кількість, <i>шт.</i>	3	2	3	3	3
діаметр, <i>м</i>		1,3	1,0	1,3	1,3
веденого	1,0	1,6	1,6	1,6	1,6
ведучого	1,3				
ширина, <i>м</i>		1,29	1,04	1,29	1,29
веденого	1,00	1,29	530×2	1,29	1,29
ведучого	0,52×2	6	7,5	6	8
Тиск лінійний, <i>Н/см</i>	5	3,6	3,6	4,3	4,5
Радіус повороту по внутрішньому сліду, <i>м</i>	3,0	3,2-0,8	1,9-4,32	3,2-8,0	2,3-8,0
Робоча швидкість пересування, <i>км/год</i>	2,73	37,5	37,5	37,5	37,5
Потужність двигуна, <i>кВт</i>	37,5				
Трансмісія	механіч на	гідро- механі чна	гідро- механіч на	механічна	гідро- механіч- на
Габаритні розміри, <i>м</i> :					
довжина	4,38	4,32	5,2	6,08	6,98
ширина	1,8	2,07	1,85	2,07	2,04
висота	2,6	3,2	2,6	2,2	3,35
Маса, <i>т</i> :					
баласт	8	13	13	18	18
без баласта	6	8	9,4	10,3	11



## РОБОТА 9

### РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ГІДРОМЕХАНІЗАЦІЇ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ

Гідромеханізація в будівництві – це ерліфт проведення земляних робіт, при якому для розробки ґрунту, його транспортування й укладання в тіло споруди або відвал використовується водяний потік. Гідромеханізація базується на властивості води, що швидко рухається, розмивати ґрунт та нести його в завислому стані до місця укладання, де, внаслідок зменшення швидкості, вода втрачає несучу здатність і частинки ґрунту осідають. Способом гідромеханізації в промисловому та цивільному будівництві зазвичай проводять намивання території та насипів.

Застосовують такі способи розробки ґрунтів: *гідромоніторний* (ґрунт розмивається струменем води, що викидається під великим напором із насадки снаряда – гідромонітора, до якого вода підводиться по трубах від насосної станції); *землесосний* (або підводний, при якому плавучий землесосний снаряд (земснаряд) всмоктує розпушений ґрунт і разом з водою спрямовує його на берег); *механогідравлічний* (при якому ґрунт руйнують екскаваторами, бульдозерами та іншими машинами, а потім, змішуючи його з водою, подають до місця укладання або збагачення).

В дорожньому будівництві гідромоніторний ерліфт найчастіше застосовується для розробки виїмок під дорогу з укладанням ґрунту в насип при підході до мостових переходів. При цьому досягається висока продуктивність снарядів, що дозволяє виконувати значні обсяги робіт в надзвичайно короткі строки; автоматизувати процес виймання й укладання ґрунту; дає можливість ідеального сортування ґрунту за крупністю його частинок, що необхідно для забезпечення водонепроникності ґрунтів при намиванні земляних гребель або інших земляних споруд [5].

Дані для розрахунків наведено в табл. 9.1 і 9.2. Необхідні питомі витрати води  $q$  і напір  $H_0$  біля насадки монітора встановлюють за табл. 9.3.

Об'єм заходки, що розробляється з однієї стоянки землесоса, розраховують за формулою,  $m^3$

$$V_{зах} = b \cdot h \cdot l_{пер},$$

де  $b$  і  $h$  – ширина і висота забою (height of zaboy),  $m$ ;

$l_{пер}$  – крок пересування землесоса,  $m$ .

Таблиця 9.1 – Вихідні дані

Варіант	Добова продуктивність за породою, $\Pi$ , $m^3$	Геодезична різниця місць забою і зливання пульпи, $h_n$ , $m$	Повна довжина пульпопроводу, $L_n$ , $m$	Варіант	Добова продуктивність за породою, $\Pi$ , $m^3$	Геодезична різниця місць забою і зливання, пульпи, $h_n$ , $m$	Повна довжина пульпопроводу, $L_n$ , $m$
1	1050	23	425	16	2100	20	500
2	1150	18	375	17	2000	22	450
3	1300	17	352	18	2200	24	400
4	1375	19	325	19	1900	25	350
5	950	16	300	20	2050	21	475
6	1500	20	500	21	2150	23	425
7	1400	22	450	22	2250	18	375
8	1300	24	400	23	2300	17	350
9	1200	25	300	24	1350	19	325
10	1450	21	475	25	2400	16	300
11	1350	23	425	26	1200	20	500
12	1225	18	375	27	1000	22	450
13	1250	17	350	28	1100	24	400
14	1325	19	325	29	900	25	350
15	1475	16	300	30	1250	21	475

Таблиця 9.2 – Додаткові розрахункові дані

Варіанти	Ґрунти	Пористість ґрунту, $t$	Густина ґрунту, $\rho_{гр}$ , $t/m^3$	Розмір забою, $m$ : висота, $h$ ; ширина, $b$	Тривалість пересування і встановлення землесоса, $t_{пер}$ , $дiб$	Крок пересування, $l_{пер}$ , $m$
1 – 10	Легкий суглинок	0,3	1,7	$\frac{14}{40}$	3	60
11 – 20	Глина, що вміщає до 15% гравію	0,2	1,8	$\frac{12}{50}$	4	50
21 – 30	Глина піщана	2,15	1,6	$\frac{9}{45}$	5	40

Таблиця 9.3 – Нормативні дані для розрахунку гідромоніторних робіт

Характеристика ґрунтів	Висота забою, $h$ , м							
	до 5		5-10		10 -15		більше 15	
	Питомі витрати води, $q$	Напір води, $H_0$ , м	Питомі витрати води, $q$	Напір води, $H_0$ , м	Питомі витрати води, $q$	Напір води, $H_0$ , м	Питомі витрати води, $q$	Напір води, $H_0$ , м
Пісок дрібнозернистий	6	30	5,5	32	5	40	4	50
Супісок легкий (розпушений)		30		35		40		50
Лес розпушений		40		45		50		60
Супісок середньозернистий	7	30	6,5	35	6	40	5	50
Суглинок легкий (розпушений)		20		60		70		80
Лес густий		60		65		70		80
Пісок крупнозернистий	9	30	8,5	35	8	40	7	50
Супісок важкий		60		62		70		80
Глина піщана		70		75		80		90
Суглинок густий	12	80	11,5	90	11	100	10	120
Піски, що містять до 40% гравію		40		45		50		60
Глина, що містить до 15% гравію		70		80		90		100
Глина напівжирна	20	90	19	90	18	100	16	110
Піщані ґрунти, що містять більше 40% гравію		50		55		60		70
Глина жирна		150		160		170		180

Тривалість роботи землесосного снаряда на одній стоянці, *дiб*

$$t_3 = \frac{V_{зах}}{П},$$

де  $П$  – добова продуктивність за породою,  $м^3/дoбу$ .

Коефіцієнт використання робочого часу землесосного снаряда

$$k_e = \frac{t_3}{t_3 + t_{неp}},$$

де  $t_{неp}$  – тривалість пересування та встановлення землесосного снаряда, *дiб*.

Необхідна продуктивність землесоса за пульпою,  $м^3/год$

$$Q_n = \frac{П \cdot (1 - m + q)}{n \cdot k_e},$$

де  $m$  – пористість ґрунту;

$q$  – питома витрата води (відношення кількості води, необхідної для перекачування певної кількості сухого ґрунту);

$n$  – розрахункова кількість робочих годин за добу,  $n = 15$ .

Таблиця 9.4 – Мінімальні (критичні) швидкості  $v_n$  і витрата пульпи  $Q_n$  в незамуленому пульпопроводі

Діаметр пульпопроводу, $D$ , мм	Глини, суглинки	
	$v$ , м/с	$Q_n$ , л/с
250	1,7	80
300	1,8	130
350	2,1	200
400	2,2	275
450	3,3	375
500	2,5	490
600	2,7	760

Поправковий коефіцієнт для пульпи  $k_q$  визначають з табл. 9.5, а втрати напору води  $i$  – з табл. 9.6.

Таблиця 9.5 – Поправковий коефіцієнт  $k_q$  для розрахунку втрат в пульпопроводах

$q$	$k_q$
3	1,6
5	1,5
8	1,4
10	1,3
12	1,2
15	1,1
20	1,05

З табл. 9.4 визначають мінімальну (критичну) швидкість пульпи  $v_n$  і відповідний діаметр пульпопроводу  $D$ .

Густина пульпи,  $m/m^3$

$$\rho_n = \frac{q \cdot \rho_{gp}}{q + 1 - m},$$

де  $\rho_{gp}$  – густина ґрунту,  $m/m$ .

Необхідний напір землесоса,  $m.вод.ст.$

$$I_n = h_n \rho_n + \frac{1,1 \cdot i \cdot k_q \cdot L_n \cdot h_2}{100} + 2,$$

де  $h_2$  – геодезична різниця місць забою і зливання пульпи,  $m$ ;

$L_n$  – довжина пульпопроводу,  $m$ .

Таблиця 9.6 – Визначення втрат напору  $i$  в трубопроводі на 100 м його довжини, м

$Q_n$ , л/с	$D = 250$ мм	$Q_n$ , л/с	$D = 300$ мм	$Q_n$ , л/с	$D = 350$ мм	$Q_n$ , л/с	$D = 400$ мм	$Q_n$ , л/с	$D = 450$ мм	$Q_n$ , л/с	$D = 500$ мм	$Q_n$ , л/с	$D = 600$ мм
75	1,35	140	1,77	200	1,62	275	1,48	360	1,36	450	1,21	700	1,27
86	1,54	150	2,03	210	1,77	290	1,64	380	1,51	475	1,35	750	1,47
90	1,95	160	2,31	220	1,96	305	1,83	400	1,68	500	1,49	800	1,63
100	2,41	170	2,61	230	2,14	32	2,01	425	1,89	550	1,81	–	–
110	2,91	180	2,91	245	2,42	340	2,26	450	2,12	600	2,15	–	–
120	3,46	190	3,28	250	2,73	360	2,55	475	2,36	650	2,53	–	–
125	3,76	200	3,60	275	3,05	380	2,84	500	2,62	700	2,93	–	–
130	4,00	–	–	290	3,4	400	3,14	550	3,17	750	3,06	–	–
–	–	–	–	–	–	425	3,55	600	3,77	800	3,82	–	–

Потужність землесоса визначають за формулою, кВт

$$N = \frac{h_n \cdot Q_n}{367 \cdot \eta},$$

де  $\eta = 0,7$  – коефіцієнт корисної дії землесоса.

Водопродуктивність монітора  $Q_m$  при наявності підмінного монітора розраховують аналогічно водопродуктивності землесоса  $Q_n$  (в цьому випадку тривалість роботи монітора за добу  $n$  і коефіцієнт використання його у часі  $k_g$ , будуть такими ж, як і землесоса)

$$Q_m = \frac{\Pi \cdot q}{n \cdot k_g}, \text{ м}^3/\text{год.}$$

або

$$Q_m = \frac{\Pi \cdot q}{3,6 \cdot n \cdot k_g}, \text{ л/с.}$$

Тип гідромонітора підбирають за табл. 9.7, а діаметр його насадки  $d_0$  – за табл. 9.8, в якій водопродуктивність насадки монітора розрахована за формулою

$$Q_m = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0}, \text{ м/с,}$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати,  $\mu = 0,945$ ;

$\omega$  – площа вихідного отвору насадки,  $\text{м}^2$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$H_0$  – робочий напір біля насадки, м.

Цією формулою слід користуватися для розрахунку  $Q_m$ , якщо в табл. 9.8 немає даних для насадок необхідного діаметра.

Таблиця 9.7 – Технічні характеристики гідромоніторів

Показники	Гідромонітори		
	250с	ГУЦ-6	ГМСД-300
Діаметр вхідного отвору, мм	250	250	300
Керування	Ручне	Електрогідравлічне	
Діаметр насадок, мм	50 – 100	50-100	100-140

Таблиця 9.8 – Водопродуктивність насадок  $Q_m$ , л/с

Напір перед насадкою, $H_0$ , м	Діаметр насадок, $d_0$ , мм						
	50	65	75	90	100	125	150
10	26	44	59	35	105	167	248
20	37	62	81	120	149	233	335
30	46	77	102	147	182	285	410
40	55	88	118	169	210	330	473
50	59	98	132	188	235	365	525
60	64	108	145	207	257	400	575
70	69	116	155	224	280	430	625
80	74	125	166	239	296	460	670
90	79	132	175	253	315	490	710
100	83	140	185	268	332	515	746
110	87	146	195	280	349	539	780
120	91	153	203	293	364	563	814
130	94	159	211	305	379	586	848
140	97	165	219	316	394	608	890
150	100	171	227	327	408	630	910

Визначають процент  $\eta_n$  і об'єм  $V_n$  недомивання, що знімається бульдозером на кожній заходці

$$\eta_n = \frac{100 \cdot i_n \cdot l_{nep}}{2h}, \text{ \%};$$

$$V_n = \frac{\eta_n \cdot V_{зах}}{100}, \text{ м}^3,$$

де  $i_n$  – нахил підшви забою, який визначається за табл. 9.9.

Таблиця 9.9 – Схил підошви забою  $i_n$ 

Характеристика ґрунту	Нахил при водопродуктивності монітора, $Q_m, л/с$		
	100	200	300
Суглинок легкий Глина піщана	0,035	0,03	0,025
Глина, що містить до 15% гравію	0,045	0,04	0,035

Мінімальну і максимальну відстань монітора від забою визначають за формулами,  $m$

$$l_{min} = \varphi \cdot h ;$$

$$l_{max} = 0,4 \cdot H_0 ,$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт, що залежить від характеру породи (табл. 9.10).

Таблиця 9.10 – Значення коефіцієнта  $\varphi$ 

Ґрунт	$\varphi$
Суглинок	0,4...0,6
Глина	1,0

**Вправа 9.** За заданими продуктивністю і технологічними умовами визначити основні параметри гідромеханізації земляних робіт, підібрати землесос і монітор та навести схему гідромоніторного методу розроблення ґрунту.

#### *Послідовність виконання*

1. Встановіть необхідну питому витрату води і напір біля насадки і монітора.
2. Підрахуйте об'єм заходки, що розробляється з однієї стоянки землесоса.
3. Визначте тривалість роботи землесоса на одній стоянці та підрахуйте коефіцієнт використання робочого часу землесоса і необхідну продуктивність його за пульпою.
4. Встановіть мінімальну (критичну) швидкість пульпи і відповідний діаметр пульповоду.
5. Визначте втрати напору води й поправковий коефіцієнт для пульпи.
6. Підрахуйте густину пульпи та визначте необхідні напір і потужність землесоса.
7. Встановіть необхідну водопродуктивність монітора, виберіть тип монітора і діаметр його насадки.

8. Визначте об'єм недомивання, що знімається бульдозером на кожній заходці.

9. Знайдіть мінімальну і максимальну відстань монітора від забою.

10. Накресліть схему гідромоніторного розроблення забою (рис. 9.1), на якій зазначте положення землесоса і монітора до і після їх пересування, а також розміри забою і недомивання.

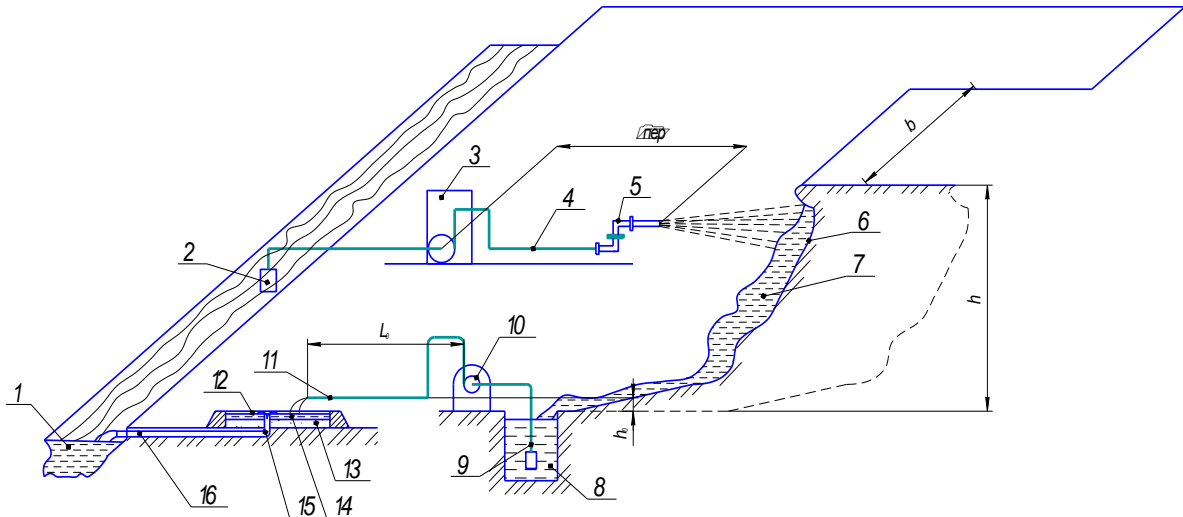


Рисунок 9.1 – Схема гідромоніторного розроблення ґрунту:

1 – джерело водопостачання; 2 – водозабірний пристрій; 3 – насосна станція; 4 – напірний водопровід; 5 – гідромонітор; 6 – забій; 7 – розмитий ґрунт (пульпа); 8 – зумпф (колодязь для збирання пульпи); 9 – пульповсмоктувальний пристрій; 10 – ґрунтовий насос; 11 – пульповід; 12 – ділянка укладання пульпи (карта намівання); 13 – відстояний ґрунт; 14 – освітлена вода; 15 – шандорний колодязь для відведення освітленої води; 16 – лоток для скидання освітленої води



## РОБОТА 10

### ПАРАМЕТРИ ЕРЛІФТНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПІДНІМАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Видобування будівельного піску з підземних родовищ в болотистих місцевостях, а також з глибини моря до 100 м за допомогою ерліфтного снаряда дуже перспективне для півдня України з точки зору низької вартості і доступності; воно екологічно безпечне і дозволяє зменшити відчуження земель під кар'єри на 70...80%. Ерліфти можна ефективно застосовувати також для очисних робіт, при будівництві портів, нафтогазових і берегоукріплювальних споруд [6].

За принципом дії ерліфти відносять до динамічних насосів тертя. В них гідросуміш (пульпа) піднімається під дією сил, що виникають при відносному русі газу (повітря) і гідросуміші. Ерліфт (рис. 10.1) складається зі всмоктувального пристрою (грунтозабірника) 1 з підвідною трубою 2 змішувача 3, підіймальної труби 4, компресора (compressor) 5, повітропроводу 6, повітровіддільника 7 і зливної труби 8.

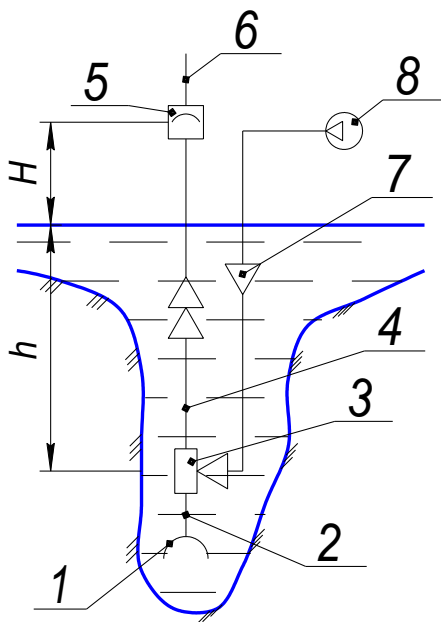


Рисунок 10.1 – Гідравлічна схема ерліфтною установки

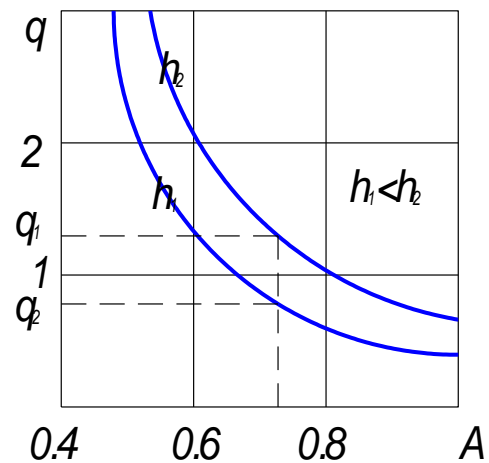


Рисунок 10.2 – Експериментальна залежність питомої витрати повітря  $q$  від відносного занурення  $A$

Всмоктувальний пристрій призначений для забезпечення рівномірної дозованої подачі твердого матеріалу в підвідну трубу. В змішувачі відбувається змішування пульпи і стиснутого повітря з можливістю найповнішої подачі енергії повітря до рідини. Підіймальна труба призначена для переміщення трифазної гідросуміші (вода, повітря,

твердий матеріал) від змішувача до повітровіддільника. В останньому потік гідросуміші розділяється на двофазний (повітря, пульпа), при якому пульпа прямує в зливний трубопровід, а повітря – в атмосферу. Повітропровід призначений для подачі стиснутого повітря від компресора до змішувача.

Перевагами ерліфтно-землесосного способу видобування піску над традиційним земснарядним є більша концентрація і розмір твердої фракції, з глибиною (до кілька сотень метрів) продуктивність ерліфта збільшується в 2,0...2,5 раза. Він має більший діапазон подачі твердого матеріалу в пульпі, при однаковій концентрації дальність транспортування її збільшується на 20...30% завдяки зменшенню опору на всмоктувальному пристрої ґрунтозабірника. Питомі енерговитрати на 1 м<sup>3</sup> твердого матеріалу в середньому на 20% нижчі, ніж при земснарядному способі розроблення корисних копалин.

Подачу ерліфта беруть в межах, м<sup>3</sup>/год

$$Q_e = (0,3 \dots 0,5) Q_n,$$

де  $Q_n$  – номінальна подача ґрунтососа, м<sup>3</sup>/год.

Ерліфт має забезпечувати безперебійну роботу на всьому діапазоні глибини занурення змішувача від  $h_{min}$  до  $h_{max}$  (можливо і більше) при відносно постійній висоті піднімання гідросуміші  $H$ . Відносне занурення змішувача ерліфта

$$A_{min} = \frac{h_{min}}{H + h_{min}}; \dots A_{max} = \frac{h_{max}}{H + h_{max}}.$$

З економічної точки зору відносне занурення  $A$  повинно бути не менше 0,15. Для ерліфтних землесосів, як правило,  $A \geq 0,7$ . Розрахунок ведуть для  $A_{min}$  – найгірших умов роботи ерліфта, оскільки при цьому необхідна більша витрата стиснутого повітря.

Питому витрату повітря  $q$  для піднімання 1 м<sup>3</sup> пульпи розраховують за експериментальною залежністю  $q_e$  (див. рис. 10.2) або за емпіричною формулою

$$q_e = 0,767 A^{-2,2}.$$

З урахуванням коефіцієнта режиму  $k_p = 1,5$ :

$$q = q_e k_p.$$

Витратна характеристика ерліфта  $Q_e = f(Q_n)$  має декілька характерних точок (рис. 10.3):  $Q_{n.o.}$  – початок подавання гідросуміші при досягненні певної витрати повітря; точка  $C$  відповідає максимальному коефіцієнту корисної дії системи (максимальна точка на кривій 2); точка  $M$  – максимальній подачі ерліфта, після якої відбувається зниження подачі при збільшенні витрати повітря; на ділянці  $AB$  коефіцієнт корисної дії ерліфта оптимальний. Витратна та енергетична характеристики ерліфта показують, що він автоматично налагоджується на зміні глибину занурення змішувача і висоти підйому гідросуміші при незмінній витраті повітря (тобто має властивість авторегулювання). Так, наприклад, збільшення потоку (при збільшенні занурення змішувача) веде до зміни витратної характеристики 1 до рівня характеристики 2 (рис. 10.3) і до збільшення подачі від  $Q_{e1}$  до  $Q_{e2}$  при незмінній витраті повітря  $Q_n$  (рис. 10.4). При зменшенні величини занурення подача  $Q_{e1}$  зменшується до  $Q_{e3}$ .

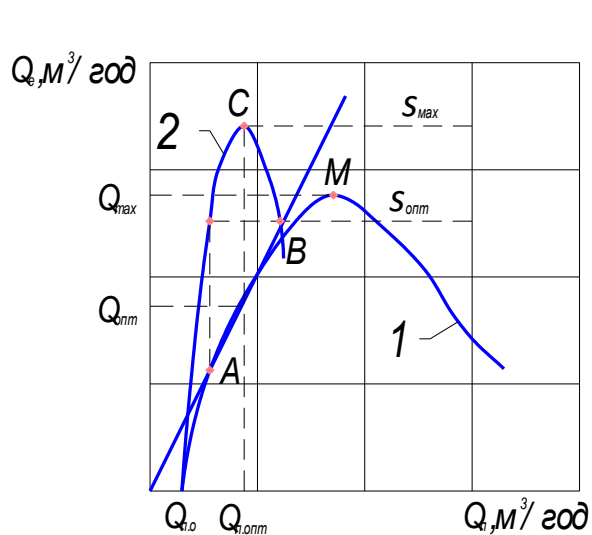


Рисунок 10.3 – Витратна (1) і енергетична (2) характеристики ерліфта:  $Q_e$  – подача ерліфта,  $Q_n$  – витрата стиснутого повітря;  $\eta$  – ККД системи;  $AB$  – зона промислового використання

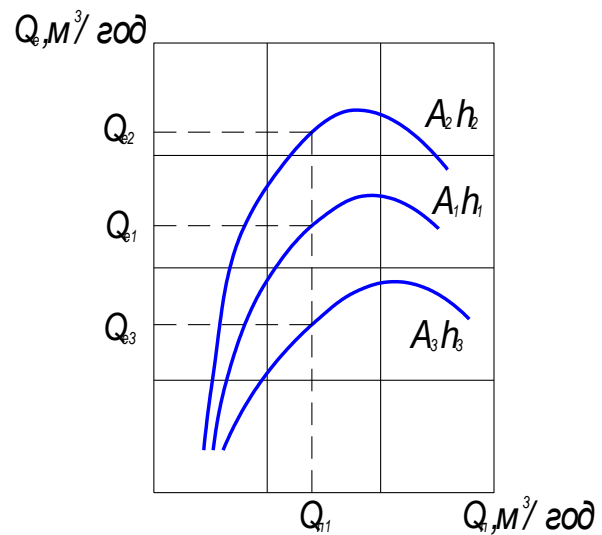


Рисунок 10.4 – Характеристики авторегулювання (самовимірювання) ерліфта (тут  $A_3 < A_1 < A_2$ )

Розраховують коефіцієнт подачі

$$k_q = 3,68 \cdot \sqrt{A} \cdot \frac{\sqrt{q + [1 - (1/A)]}}{1 + q}$$

Еквівалентний діаметр підіймальної труби,  $m$

$$D_6 = 5 \sqrt{\frac{Q_6^2}{k_q \cdot g}},$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

За сортаментом (табл. 10.1) вибирають підіймальну трубу зовнішнім діаметром  $D_{зов}$  постійного перерізу по всій довжині. Враховуючи необхідний термін роботи ерліфта  $t$ , вибирають товщину стінки  $\delta$  із міркувань, що при добуванні піску зношування стінок підіймальних труб, всмоктувальних пристроїв і повітровіддільників (за винятком їх колін) складає

0,8...1,0 мм на рік.

Таблиця 10.1 – Сортамент труб металевих безшовних

Умовний прохід, $D_y, \text{ мм}$	Зовнішній діаметр, $D_{зов}, \text{ мм}$	Товщина стінки, $\delta, \text{ мм}$	Номінальний внутрішній діаметр, $D_{вн}, \text{ мм}$	Маса 1 м, $m, \text{ кг}$
10	14	2	10	0,592
15	18	2	14	0,789
20	25	2	21	1,13
25	32	2	28	1,48
32	38	2,5	33	2,19
40	45	2,5	40	2,62
50	57	3	51	4,0
65	76	3	70	5,4
80	89	3,5	82	7,38
100	108	4	100	10,26
125	133	4	125	12,73
150	159	4,5	150	17,15
200	219	6	207	31,52
250	273	7	259	45,92
300	325	8	309	62,54
350	377	9	259	81,68
400	426	10	406	102,59

Витрата стиснутого повітря, зведена до нормальних умов,  $\text{м}^3/\text{хв}$ .

$$Q_n = \frac{q \cdot Q_6}{60}.$$

Критичну швидкість при транспортуванні твердого матеріалу у вертикальному трубопроводі розраховують за формулою,  $\text{м/с}$

$$v_{кр} = v_{см} + k \cdot \sqrt{a_z \cdot S_z \cdot q_z \cdot D_{вн}},$$

де  $v_{см}$  – швидкість стисненого падіння твердих частинок,  $\text{м/с}$ ;

$k$  – дослідна константа, яка залежить від крупності частинок  $d_k, \text{ м}$ ;

$a_z$  – диференціальна відносна густина потоку в  $z$ -му перерізі труби;  
 $S_z$  – об’ємна концентрація твердого матеріалу в  $z$ -му перерізі труби;  
 $q_z$  – питома витрата повітря, зведена до тиску в  $z$ -му перерізі труби;  
 $D_{вн} = (D_{зов} - 2\delta)$  – внутрішній діаметр підіймальної труби, м.

Константу  $k$  вибирають за максимальною крупністю часток матеріалу  $d_k$ , що піднімається ерліфтом (табл. 10.2).

Таблиця 10.2

$d_k, мм$	0...3	3...10	10...20
$k$	2,5	2,5...3,0	3,0...3,5

Відносна густина потоку

$$a_z = \frac{\rho_m}{\rho_p} \cdot (q_z + 1) - 1,$$

де  $\rho_m = 2300 \text{ кг/м}^3$  – густина твердого матеріалу (піску), що транспортується;  
 $\rho_p = 1000 \text{ кг/м}^3$  – густина рідини (води).

Питома витрата повітря (charges of air)

$$q_z = \frac{q \cdot P_a}{P_a + P_z},$$

де  $P_a = 1 \dots 10^5 \text{ Па}$  – атмосферний тиск;

$P_z$  – тиск в  $z$ -му перерізі труби, Па.

Для входження матеріалу в підіймальну трубу необхідно, щоб на вході  $q_{вх} \geq q_z$ .

Вважаючи, що в підіймній трубі тиск розподіляється за лінійним законом ( $P_z = \frac{z P_{вх}}{H + h}$ , де  $z$  – відстань від поверхні води), знаходять мінімально необхідний тиск на вході в підіймальну трубу (нехтуючи втратами в підвідній трубі), Па

$$P_z \geq P_{вх} = \rho \cdot g \cdot h.$$

Об’ємна концентрація твердого матеріалу в трубі

$$S_z = \frac{S}{q_z + 1},$$

де  $S = 0,5$  – об’ємна концентрація, яку забезпечує ерліфт, тобто витрати рідини  $Q_p$  і твердого матеріалу  $Q_m$  приблизно однакові.

Швидкість стисненого падіння частинок твердого матеріалу, м/с

$$v_{cm} = v_{eid} (1 - S_z)^2 \left[ 1 - \left( \frac{d_k}{D_{вн}} \right)^2 \right].$$

Швидкість вільного падіння частинок, м/с

$$v_{eil} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot g \cdot \frac{d_k}{C_0} \cdot a_z},$$

де  $C_0=0,86$  – коефіцієнт опору руху твердих частинок в повітряному потоці.

Швидкість руху пульпи на вході в підймальний трубопровід, м/с

$$v_{вх} = \frac{4Q_e (1 + q_{вх})}{3600 \cdot \pi \cdot D_{вн}^2}.$$

Якщо швидкість на вході в трубу перевищує критичне значення швидкості  $v_{вх} > v_{кр}$ , то це означає, що вже на початку руху по підймальному трубопроводу набираються такі швидкості, які забезпечують стійкий режим роботи щодо підймання твердого матеріалу в ерліфті. Рухаючись вверх, швидкість аерогідросуміші зростає в результаті розширення стиснутого повітря. Тому можна стверджувати, що і у вихідному перерізі труби  $v_{вих} > v_{кр}$ .

Далі розраховують швидкість, необхідну для транспортування твердого матеріалу по підвідному трубопроводу, м/с

$$v_n = v_n + k_3 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot d_k}{C_p} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\rho_m}{\rho_p} - 1 \right)},$$

де  $v_n$  – початкова швидкість руху гідросуміші,  $v_n = 0,5$  м/с;

$k_3$  – коефіцієнт запасу,  $k_3 = 1,2$ ;

$C_p$  – коефіцієнт опору руху твердого тіла у воді,  $C_p = 0,25$ .

Максимальний діаметр підвідного трубопроводу, м

$$d_n = \sqrt{\frac{4Q_e}{\pi \cdot v_n}}.$$

Дійсна швидкість гідросуміші (твердий матеріал + вода) в підвідному трубопроводі при вибраному діаметрі  $d_{зоб}$  і товщині стінки  $\delta$  (див. табл. 10.1), м/с

$$v_n^\delta = \frac{4Q_e}{3600 \cdot \pi d_{вн}^2},$$

де  $d_{вн} = (d_{зов} - 2\delta_n)$ ,  $m$  – внутрішній діаметр підвідної труби.

Для забезпечення надійного транспортування твердого матеріалу в підвідному трубопроводі необхідно виконати умову  $v_n^0 > v_{п}$ .

Розрахунок повітропроводу полягає у визначенні густини повітря в ньому, діаметра і товщини труби. Середня густина повітря в повітропроводі,  $кг/м^3$

$$\rho_{сер}^n = \rho_n \cdot \frac{\rho_p \cdot g \cdot h}{P_a} \cdot \frac{T_a}{T_n},$$

де  $\rho_n$  – густина повітря при атмосферному тиску  $P_a$ , температурі  $293^\circ K$  і відносній вологості  $W_{відн} = 50\%$ ;

$T_a$  і  $T_n$  – температури повітря відповідно в атмосфері і в повітропроводі.

При сталій температурі середня густина повітря  $\rho_{сер}^n = 1,3 \text{ кг/м}^3$ .

Діаметр повітропроводу визначають, виходячи з того, що втрати в ньому не повинні перевищувати величини  $0,1 \cdot \rho_p \cdot g \cdot h$ :

$$d_n^n = \sqrt[5]{\frac{8 \cdot D \cdot \rho_{сер}^n \cdot l_n^n \cdot Q_n^2}{\pi^2 \cdot g \cdot (0,1 \cdot \rho_p \cdot h + \rho_{сер}^n \cdot H_n^n)}}, m,$$

де  $D = 0,03$  – коефіцієнт Дарсі;

$l_n^n = (h + 8)$ ,  $m$  – довжина повітропроводу;

$H_n^n$  – довжина його вертикальної частини,  $m$ .

З табл. 10.1 підбирають трубу зовнішнім діаметром  $D_{зов}^n \geq D_n^n$ , товщиною стінки  $\delta^n$  і внутрішнім діаметром  $D_{вн}^n = (D_{зов}^n - 2\delta^n)$ ,  $m$ .

Для вибору компресора (поршневого або гвинтового) знаходять його подачу

$$Q = 1,2 \cdot Q_n, m^3/год.$$

і тиск

$$P_k = 1,2 \cdot \rho_{сер}^n \cdot g \cdot h, Pa.$$

Ерліфт може бути одно- і багатосекційним, тобто висота піднімання гідросуміші практично не обмежена. Підіймальні труби розташовуються як вертикально, так і похило.

Для забезпечення більшої подачі пульпи короткими ерліфтами доцільно використовувати батарейну схему ерліфтної установки. Її особливість полягає в застосовуванні декількох підіймальних труб, як правило, індивідуальними змішувачами. Така схема застосовується, в основному, на ерліфтних земснарядах великої продуктивності та циркуляційних установках.

Для довгих ерліфтів з метою запобігання переходу ерліфта в неробочий (стрижневий) режим руху газорідної суміші, що призводить до невиправданого підвищення питомої витрати повітря, діаметр підйимального трубопроводу виконують змінним, збільшуючи його в міру підймання гідросуміші.

**Вправа 10.** Розрахувати параметри ерліфтно-землесосної установки підйимального трубопроводу, швидкості аерогідросуміші, підвідної труби, повітропроводу та вибрати основне обладнання ерліфтного снаряда (табл. 10.3).

Таблиця 10.3 – Вихідні дані

Варіант	Подача грунтонасоса, $Q_n, м^3/год$	Висота підймання матеріалу, $H, м$	Глибина занурення змішувача, $h, м$	Крупність часток, $d_k, мм$	Термін роботи ерліфта, $t,$ $тис. год$
1	100	2	10	4	12
2	200	2	20	2	14
3	300	3	30	3	16
4	400	3	40	1	18
5	500	4	50	5	20
6	600	4	60	10	22
7	100	5	70	7	24
8	200	5	80	8	22
9	300	2	90	9	20
10	400	2	100	6	18
11	500	3	110	11	16
12	600	3	120	14	14
13	100	4	130	13	12
14	200	4	140	12	14
15	300	5	150	15	16
16	400	5	160	14	18
17	500	2	170	10	20
18	600	2	180	12	22
19	100	3	190	11	24
20	200	3	200	13	22
21	300	4	210	11	20
22	400	4	220	9	18
23	500	5	230	5	16
24	600	5	240	7	14
25	100	2	250	6	12
26	200	2	260	8	14
27	300	3	270	4	16
28	400	3	280	1	18
29	500	4	290	2	20
30	600	4	300	3	22



### *Послідовність виконання*

1. Для гідравлічного розрахунку ерліфта встановіть подачу землесоса, висоту підймання гідросуміші і глибину розроблення ґрунту.
2. Визначте подачу ерліфтної машини, відносне занурення змішувача і питому витрату стиснутого повітря.
3. Обчисліть коефіцієнт подачі та еквівалентний діаметр підймального трубопроводу.
4. Визначте відносну густину потоку в трубі, об'ємну концентрацію твердого матеріалу, необхідний тиск на вході в підймальну трубу та питому витрату повітря.
5. Розрахуйте швидкості вільного і стисненого падіння частинок твердого матеріалу.
6. Визначте критичну швидкість транспортування матеріалу по вертикальній трубі.
7. Виберіть діаметр і товщину стінки підймального трубопроводу.
8. Визначте швидкість руху пульпи на вході в підймальну трубу і порівняйте її з критичною швидкістю.
9. Розрахуйте необхідну (мінімальну) швидкість для транспортування піску по підвідному трубопроводу.
10. Встановивши максимальний діаметр підвідного трубопроводу, розрахуйте дійсну швидкість гідросуміші в ньому.
11. Визначте густину повітря в повітропроводі та знайдіть необхідний діаметр і товщину стінки повітропроводу.
12. Розрахуйте необхідний тиск і подачу компресора та виберіть його тип.
13. Накресліть схему ерліфтної установки для видобування піску та поясніть її принцип дії.

## РОБОТА 11

### РОЗРАХУНОК УСТАНОВКИ ДЛЯ ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

При будівництві доріг, колекторів та інших наземних і підземних споруд бетонну суміш можна транспортувати за допомогою пневматичних транспортувальних установок. При пневматичному транспортуванні порції бетону переміщуються по трубах за допомогою стиснутого повітря. Пневмотранспортні установки являють собою нагнітальний пристрій (резервуар), в який через воронку завантажується бетон [7]. Після завантаження готової порції закривається конусний заслін, і через резервуар по трубопроводу подається повітря під тиском до 0,6 МПа.

Під дією стиснутого повітря бетонна суміш надходить в бетоновід і переміщується до місця вивантаження. Для поліпшення виходу бетону в бетоновід і усунення утворення пробок в резервуарі встановлюють напрямний конус із соплами, через які подається повітря, що впливає на бетону суміш в місці її виходу із резервуара. В кінці бетоноводу встановлюють розвантажувальний бункер-заспокоювач, який забезпечує спокійний вихід бетону з бетоноводу та відділення від нього повітря, що насичує бетон в процесі переміщення.

Використовують установки для транспортування бетону в наземні (рис. 11.1) і підземні (рис. 11.2) споруди. Недоліком пневмотранспортної установки (the pnevmotransportna setting) є великі витрати електроенергії. Пневматична установка подає бетон порціями і тому в будь-який момент може припинити роботу. Але в межах будівельного майданчику, при нескладному очищенні бетоноводу, дальність подачі (подавання) бетону може досягати 150 м. Внутрішній діаметр бетоноводу  $O$  вибирають в залежності від розміру великих кусків щебеню  $d$ , виконуючи умову

$$D \geq 3d.$$

Бетоноводи виготовляють з безшовних сталевих труб діаметром 150, 180 і 203 мм.

Корисний об'єм нагнітального пристрою  $V_n$  або об'єм транспортованої порції бетону, а також геометричний об'єм нагнітального пристрою  $V_{н.г.}$  вибирають з табл. 11.1.

Довжина бетоноводу є сумою довжин його горизонтальних  $l$  і вертикальних  $H$  ділянок, м

$$L = l + H.$$

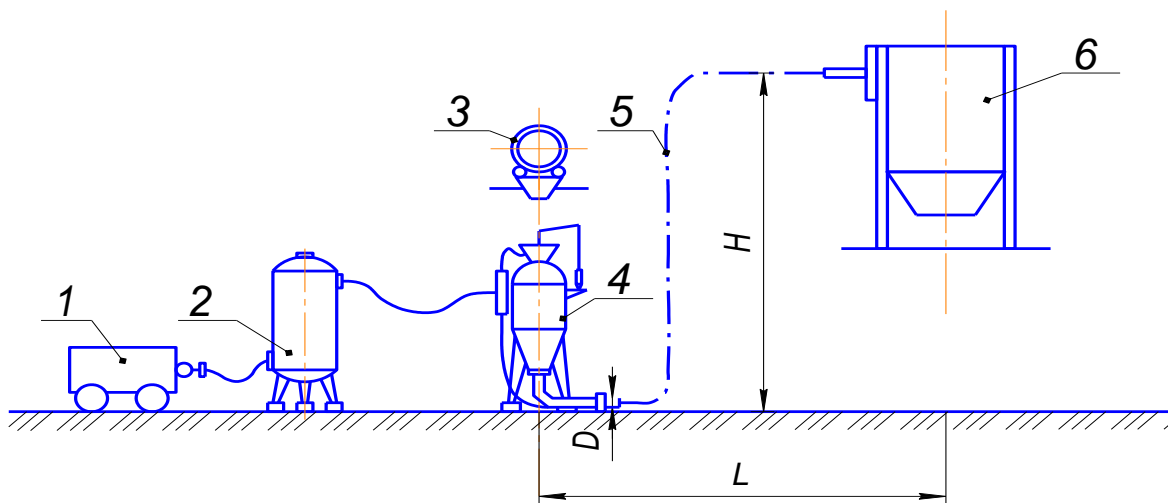


Рисунок 11.1 – Пневмотранспортна установка для бетонування наземних споруд: 1 – пересувний компресор; 2 – ресивер; 3 – бетонозмішувач; 4 – нагнітальний пристрій; 5 – бетоновід; 6 – приймальний бункер

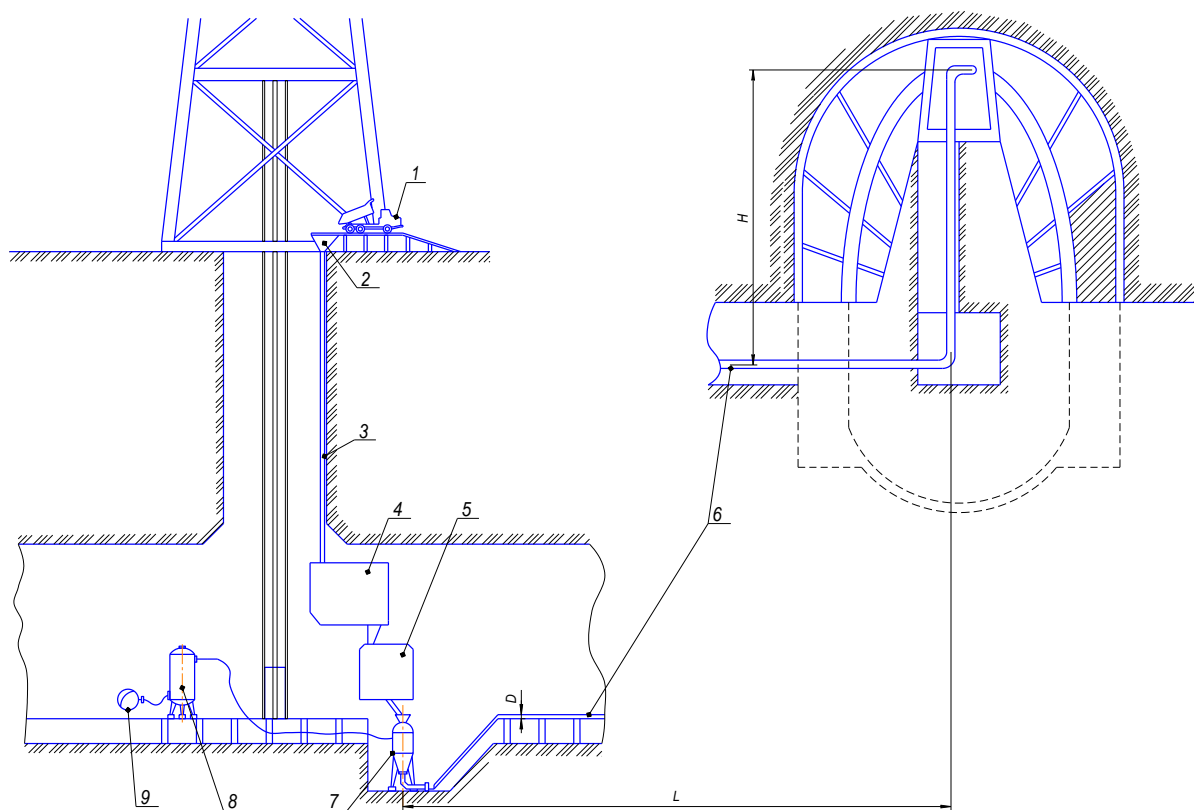


Рисунок 11.2 – Пневмотранспортна установка для бетонування підземних споруд: 1 – автосамоскид; 2 – верхній бункер; 3 – труба для вертикального спуску бетону; 4 – нижній бункер; 5 – бетонозмішувач; 6 – нагнітальний пристрій; 7 – бетоновід; 8 – ресивер; 9 – центральний повітропровід

Таблиця 11.1 – Технічні характеристики пневмотранспортних установок

Основні параметри	Модель				
	250	300	400	500	800
Об'єм нагнітального пристрою, л:					
корисний ( $V_n$ )	250	300	400	500	800
геометричний ( $V_{н.г.}$ )	300	450	600	620	1000
Продуктивність при тривалості циклу 2 хв, $m^3/год$	7,5	9	12	15	24
Допоміжний час, $T_{доп}, c$	30	35	40	45	50

Середню швидкість бетону по бетоноводу  $v_{сер}$  визначають в залежності від заданих: рухомості бетону  $S$ , робочого тиску стиснутого повітря в нагнітальному пристрої  $P$  і визначених вище корисного об'єму нагнітального пристрою  $V_n$ , загальної довжини бетоноводу  $L$ , діаметра бетоноводу  $D$  за емпіричною формулою, м/с

$$v_{сер} = 2500 \cdot k_S \cdot k_V \cdot k_L \cdot k_P \cdot k_D.$$

Відповідні коефіцієнти вибирають з табл. 11.2.

Таблиця 11.2 – Параметри визначення швидкості руху бетону по бетоноводу

	Рухомість бетону, $S, см$						
	6	8	10	12	14	-	-
Коефіцієнт впливу рухомості бетону, $k_S$	0,82	0,91	1	1,09	1,13	-	-
	Об'єм порції бетону, $V, л$						
	200	250	300	400	500	800	-
Коефіцієнт впливу об'єму транспортованої порції бетону, $k_V$	1,23	1	0,75	0,6	0,5	0,35	-
	Довжина бетоноводу, $L, м$						
	42	73,4	100	127	150	160	-
Коефіцієнт впливу довжини бетоноводу, $k_L$	0,77	1	1,2	1,4	1,57	1,64	-
	Тиск повітря, $P, МПа$						
	0,2	0,23	0,25	0,3	0,35	0,37	0,4
Коефіцієнт впливу тиску стиснутого повітря в нагнітальному пристрої, $k_P$	0,82	1	1,15	1,49	1,83	1,92	2
	Діаметр бетоноводу, $D, мм$						
	100	150	180	203	-	-	-
Коефіцієнт впливу діаметра бетоноводу, $k_D$	0,55	1	1,3	1,47	-	-	-

Фактичну продуктивність установки  $\Pi$  для заданих умов визначають за формулою,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$\Pi = \frac{3,6 \cdot V_n \cdot k_g}{\left( \frac{L}{V_{сер} + T_{донсер}} \right)},$$

де  $T_{донсер}$  – допоміжний час, що містить тривалість завантаження (load) і розвантаження (unloading);

$k_g = 0,8$  – коефіцієнт використання обладнання за часом.

Якщо фактична продуктивність установки вийде менше заданої, то треба з табл. 11.1 прийняти більший об'єм нагнітального пристрою  $V_n$  і зробити перерахунок швидкості та продуктивності  $\Pi$ .

Бетонозмішувач вибирають за об'ємом нагнітального пристрою  $V_n$ .

Об'єм ресивера  $V_p$  для заданих умов роботи пневмотранспортної установки і нормального тиску в ресивері  $0,6 \text{ МПа}$  вибирають за приблизною формулою,  $\text{м}^3$

$$V_p = 1,2 V_{н.г.} + 0,85 D^2 L,$$

де  $V_{н.г.}$  – геометричний об'єм нагнітального пристрою,  $\text{м}^3$ ;

$D$  – внутрішній діаметр бетоноводу,  $\text{м}$ ;

$L$  – максимальна загальна довжина бетоноводу,  $\text{м}$ .

Витрату стиснутого повітря на транспортування  $1 \text{ м}^3$  бетону в заданих умовах визначають за формулою,  $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$A = \frac{(P - P_{кін}) \cdot (0,85 \cdot D^2 \cdot L + V_{н.г.})}{V_n}$$

де  $P$  – заданий робочий тиск стиснутого повітря в нагнітальному пристрої,  $\text{МПа}$ ;

$P_{кін}$  – тиск стиснутого повітря в нагнітальному пристрої і бетоноводі в кінці циклу транспортування: при  $V_n = 0,25 \dots 0,4 \text{ м}^3$  тиск  $P_{кін} = 0,15 \text{ МПа}$ ; при  $V_n = 0,5 \dots 0,8 \text{ м}^3$ , відповідно,  $P_{кін} = 0,17 \text{ МПа}$ .

Продуктивність компресора установки для бетонування наземних споруд (див. рис. 11.1) визначають за формулою,  $\text{м}^3/\text{хв}$ .

$$\Pi_{комп} \geq \frac{A \cdot \Pi}{60},$$

де  $A$  – витрата стиснутого повітря на транспортування  $1 \text{ м}^3$  бетону,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;

$\Pi$  – дійсна продуктивність пневмотранспортної установки,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Об'єми приймального бункера  $B_n$  (див. рис. 11.1) і нижнього бункера  $B_n$  (рис. 11.2) повинні в три рази перевищувати корисний об'єм нагнітального пристрою  $V_n$ .

Об'єм верхнього бункера  $B_n$  (див. рис. 11.2) має вміщати бетон з двох автосамоскидів.

**Вправа 11.** Визначити основні параметри установок для пневматичного транспортування бетонної суміші по трубах в наземні і підземні споруди (табл. 11.3).

Таблиця 11.3 – Вихідні дані

Варіант	Схема ПТУ	Продуктивність установки, $P_T, \text{м}^3/\text{год}$	Крупність щебеню, $d, \text{мм}$	Рухомість бетону, $S, \text{см}$	Довжина горизонтального бетоноводу, $L, \text{м}$	Висота підймання бетону, $H, \text{м}$	Тиск повітря в нагнітальному пристрої, $P, \text{МПа}$
1	рис. 10.1	10	50	9	60	25	0,34
2	те ж	12	60	11	70	45	0,4
3	"	16	45	7	80	50	0,32
4	"	19	50	13	110	16	0,26
5	"	11	65	15	130	18	0,28
6	"	6	45	10	90	30	0,32
7	"	7	50	12	80	35	0,3
8	"	14	60	10	75	40	0,35
9	"	24	65	6	60	30	0,4
10	"	7	50	8	100	40	0,32
11	"	15	60	8	60	36	0,37
12	"	8	45	14	70	32	0,28
13	"	9	50	10	80	30	0,3
14	рис.	18	60	6	100	25	0,38
15	10.2	20	65	8	50	12	0,4
16	те ж	9	45	6	145	10	0,35
17	"	8	50	8	130	8	0,32
18	"	15	60	10	120	6	0,28
19	"	20	65	12	80	12	0,3
20	"	13	60	6	125	9	0,38
21	"	6	65	8	120	8	0,3
22	"	8	60	10	100	6	0,28
23	"	7	50	12	110	10	0,25
24	"	14	45	8	80	8	0,37
25	"	20	50	6	70	24	0,35
26	"	13	60	9	140	30	0,26
27	"	15	65	11	110	15	0,42
28	"	10	45	7	120	16	0,28
29	"	16	50	13	80	28	0,32
30	"	17	60	15	90	22	0,36

### *Послідовність виконання*

Згідно з завданням, наведеним в табл. 11.3, для обох схем бетонування визначити:

1. Діаметр бетоноводу  $D$ ;
2. Об'єм нагнітального пристрою (корисний і геометричний)  $V_n$  і  $V_{н.г.}$ ;
3. Загальну довжину бетоноводу  $L$ ;
4. Середню швидкість руху бетону  $v_{сер}$ ;
5. Фактичну продуктивність пневмотранспортної установки П;
6. Тип бетонозмішувача і об'єм ресивера  $V_p$ ;
7. Витрату стиснутого повітря  $A$ ;
8. Тип компресора і об'єм приймального бункера  $B_n$  (з рис. 11.1);
9. Об'єми верхнього  $B_e$  і нижнього  $B_n$  бункерів (з рис. 11.2).

Накреслити відповідну схему пневмотранспортної установки та проставити на ній розраховані розміри.

## РОБОТА 12

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

Застосування крутопохилих конвеєрів (konveer) з притискною стрічкою, що дозволяють транспортувати вантажі під кутами до  $35...40^\circ$ , дають можливість скоротити довжину похилих галерей на заводах будматеріалів. При цьому будівлі і обладнання можна розташувати більш компактно. Однак конструкції таких конвеєрів складніші за звичайні стрічкові і тому доцільність їх використання має бути підтверджена техніко-економічним розрахунком [8].

Розрахункові схеми похилого і крутопохилого стрічкових конвеєрів наведені на рис. 12.1; конструктивна схема крутопохилого конвеєра з притискною стрічкою – на рис. 12.2.

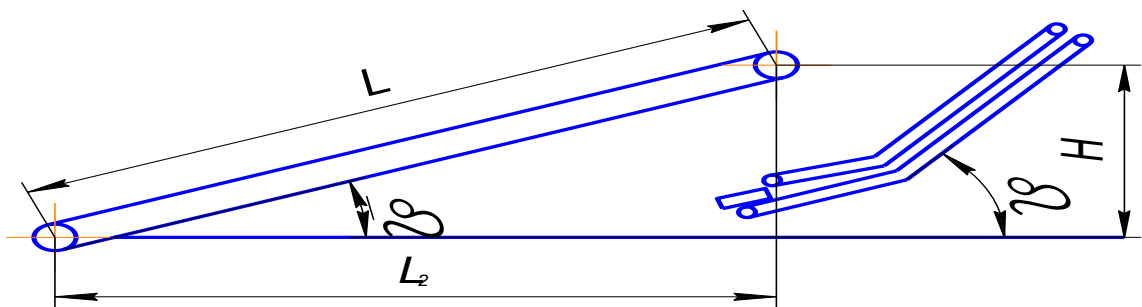


Рисунок 12.1 – Розрахункові схеми конвеєрів

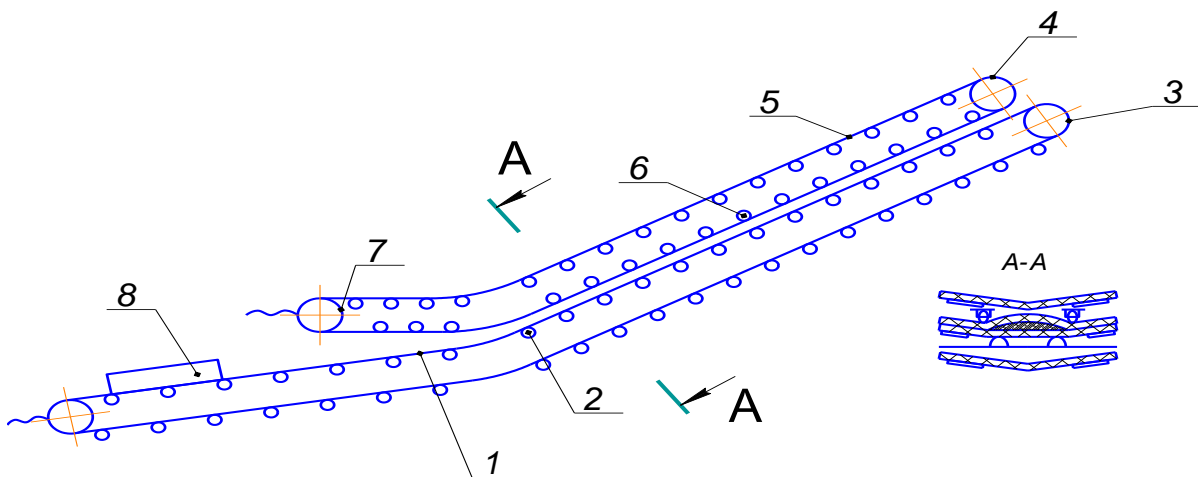


Рисунок 12.2 – Конструктивна схема крутопохилого конвеєра:

- 1, 5 – вантажна і притискна стрічки; 2 – роликоопора;
- 3, 4 – приводи, відповідно, вантажної і притискної стрічок;
- 6 – притискні котки; 7, 9 – натяжні барабани;
- 8 – завантажувальний лоток



Ширину стрічки похилого конвеєра розраховують за формулою, *m*

$$B_n = 1,1 \cdot \left( \sqrt{\frac{Q}{C_n \cdot v \cdot k \cdot \rho}} + 0,05 \right), \quad (12.1)$$

де *Q* – подача конвеєра, *m/god*;

*C<sub>n</sub>* – коефіцієнт наповнення стрічки (gibbon) похилого конвеєра, який залежить від кута нахилу бокових роликів *γ* і кута відкосу вантажу на стрічці *φ* (табл. 12.1), для розрахунків взяти кут *γ* в діапазоні 25...36°;

*v* – швидкість стрічки, *m/c*;

*k* – коефіцієнт зменшення наповнення стрічки (табл. 12.2), що залежить від кута нахилу стрічки конвеєра *β<sub>n</sub>*;

*ρ* – насипна густина вантажу, *m/m<sup>3</sup>*.

Таблиця 12.1 – Коефіцієнти *C<sub>n</sub>* і *C<sub>κ</sub>* при використанні жолобчастої стрічки на три роликівій опорі

<i>γ, град</i>	<i>φ, град</i>	<i>C<sub>n</sub></i>	<i>γ, град</i>	<i>φ, град</i>	<i>C<sub>κ</sub></i>
20	15	470	20	10	365
				15	440
	20	550	25	20	523
				10	407
30	15	550	30	15	482
				20	561
				10	445
	20	625	36	15	518
				20	594
				10	479
36	15	585	40	15	550
				20	620
	20	655	40	10	507
				15	573
				20	642

Таблиця 12.2 – Коефіцієнт *k* зменшення наповнення стрічки

<i>B<sub>n</sub>, град</i>	12	14	16	18	20
<i>k</i>	0,97	0,95	0,92	0,89	0,85

Ширина стрічки з урахуванням розміру кусків, *m*

$$B_n \geq 3,3 \cdot a + 0,2,$$

де *a* – максимальний розмір транспортованого куска, *m*.

Погонна вага обертальних частин роликів на вантажній і зворотній гілках, *H/m*

$$q'_p = \frac{G_p}{l'}; \quad q''_p = \frac{G_p}{l''},$$

де  $G_p$  – вага обертальних частин роликоопор вантажної і зворотної гілок,  $H$  (табл. 12.3);

$l'$  і  $l''$  – відстань між роликооперами, відповідно, на вантажній ( $l'=0,8...1,2$  м) і зворотній ( $l''=2...3$  м) гілках.

Таблиця 12.3 – Вага обертальних частин жолобчастих роликоопор  $G_p$

Роликоопори	Ширина стрічки, м					
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0
Діаметр ролика, м	0,127	0,127	0,127	0,159	0,194	0,219
Вага, Н	220	250	290	506	1160	1900

Вага 1 м стрічки конвеєра,  $H/м$

$$q_c = (250...350) \cdot B_n. \quad (12.2)$$

Потужність похилого конвеєра,  $кВт$

$$N_n = \frac{K \cdot L_{n.z.} \cdot \omega}{367 \cdot \eta} \cdot [3,6 \cdot \nu (2q_c + q'_p + q''_p) + Q] + \frac{Q \cdot H}{367 \cdot \eta},$$

де  $K$  – коефіцієнт, який враховує опір на приводній і натяжній станціях (табл. 12.4);

$L_{n.z.}$  – горизонтальна проекція похилого конвеєра,  $L_{n.z.} = H \operatorname{ctg} \beta_n$ , м (див. рис. 12.1);

$\omega$  – коефіцієнт опору руху стрічки по роликооперах,  $\omega = 0,004$ ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії приводу,  $\eta = 0,75...0,8$ ;

$H$  – висота піднімання вантажу, м.

Таблиця 12.4 – Коефіцієнт, що враховує опір на приводній і натяжній станціях

$L_m$	50	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000
$K$	2,	1,85	1,74	1,64	1,53	1,45	1,37	1,29	1,23	1,19	1,15	1,2	1,1

Ширина стрічки крутопохилого конвеєра, м

$$B_k = 1,3 \left( \sqrt{\frac{Q}{C_k \cdot \nu \cdot \rho}} + 0,1 \right), \quad B_k \geq 6a, \quad (12.3)$$

де  $C_k$  – коефіцієнт наповнення стрічки крутопохилого конвеєра (див. табл. 12.1).

Погонна вага вантажу,  $H/м$

$$q_{ван} = \frac{Q}{0,36 \cdot \nu}.$$

Вага 1 м вантажної стрічки,  $H/м$

$$q_{c.в.} = (300...350) \cdot B_{\kappa}.$$

Вага 1 м притискної стрічки,  $H/м$

$$q_{c.п.} = (200...320) \cdot B_{\kappa}.$$

Тягове зусилля (hauling effort) вантажної гілки стрічки,  $H$

$$W_{ван} = \left[ (q_{ван} + q_{c.в.} + q_{c.п.}) \cos \beta_{\kappa} + \frac{q_{\kappa}}{\cos \beta_{\kappa}} + q'_p + q_{c.в.} \cdot \cos \beta_{\kappa} + q'' \right] \times \\ \times L_{\kappa.г.} \cdot \omega \cdot K + q_{ван} \cdot H,$$

де  $L_{\kappa.г.}$  – горизонтальна проекція крутопохилого конвеєра,  $L_{\kappa.г.} \approx H \cdot ctg \beta_{\kappa}$ ,  $м$  (див. рис. 12.1);

$\beta_{\kappa}$  – кут нахилу стрічки конвеєра,  $град$ .

Погонна вага обертальних частин притискних котків,  $H/м$

$$q_{\kappa} = 0,75 \cdot q'_p.$$

Тягове зусилля притискної гілки стрічки,  $H$

$$W_{np} = \left( \frac{q_{\kappa}}{\cos \beta_{\kappa}} + q_{c.в.} \cdot \cos \beta_{\kappa} + q_{\kappa} + q''_p \right) \cdot L_{\kappa} \cdot \omega.$$

Потужність крутопохилого конвеєра,  $кВт$

$$N_{\kappa} = \frac{(W_{ван} + W_{np}) \cdot v}{102 \cdot \eta}. \quad (12.4)$$

Питомі зведені витрати,  $тис. грн.$

$$Z_{num}^{36} = C + E_n \cdot K, \quad (12.5)$$

де  $C$  – експлуатаційні витрати,  $тис. грн.$ ;

$E_n = 0,15$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K$  – капітальні витрати,  $тис. грн.$

Капітальні витрати,  $тис. грн.$

$$K = K_{\kappa} + K_c + K_2,$$

де  $K_{\kappa}$ ,  $K_c$ ,  $K_2$  – вартість, відповідно, конвеєра, стрічки і галереї для встановлення конвеєра,  $тис. грн.$

Вартість конвеєра, тис. грн.

$$K = K_n + K_H + K_{cm}$$

де  $K_n$ ,  $K_H$  – вартість відповідно приводних і натяжних пристроїв конвеєра, тис. грн. (див. рис. 12.2);

$K_{cm} = K'_{cm} L$  – вартість ставні конвеєра, тис. грн;

$K'_{cm}$  – вартість 1 п.м. ставні визначають з рис. 12.3, тис. грн;

$L$  – довжина конвеєра, м:

для похилого  $L_n = \frac{H}{\sin \beta_n}$ ;

для крутопохилого  $L_k = \frac{H}{\sin \beta_k}$ .

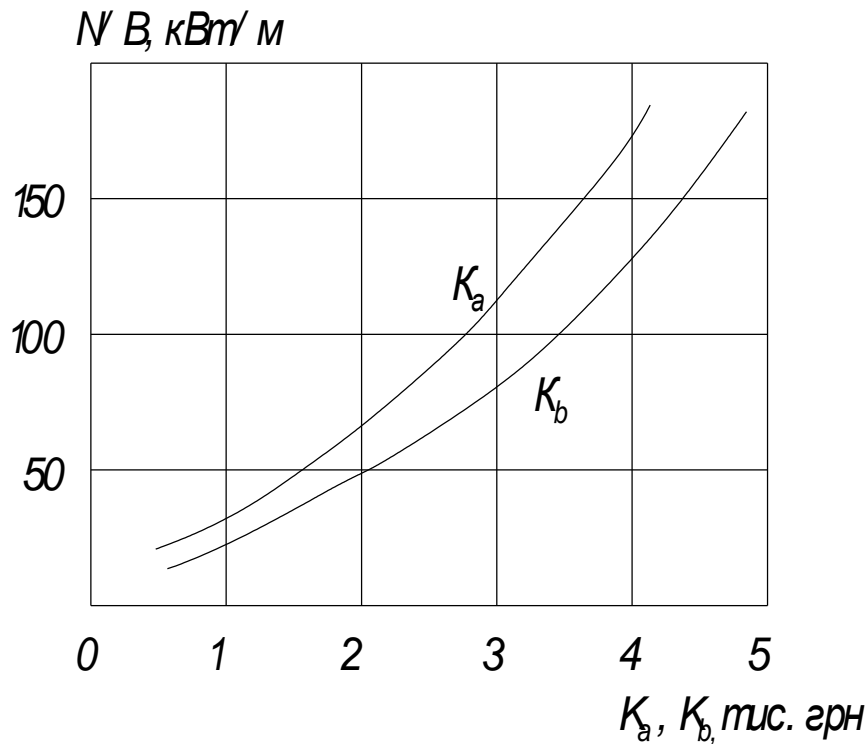


Рисунок 12.3 – Залежність вартості приводних  $K_n$ , і натяжних  $K_H$  пристроїв стрічкового конвеєра від співвідношення  $N/B$  (для крутопохилого конвеєра вартість відповідно в 1,4 і 2 рази більше)

Вартість стрічки конвеєра, тис. грн.

$$K_C = 2,1 \cdot B \cdot L \cdot C_C,$$

де  $C_C = 75$  грн. – вартість 1 м<sup>2</sup> стрічки;

$B$  – ширина стрічки, визначена у формулах (12.1) і (12.3).

Вартість галереї для встановлення конвеєра, тис. грн.

$$K_2 = C_2(L + 2),$$

де  $C_2$  – вартість 1 п.м довжини галереї (для похилого конвеєра  $C_{2.н.} = 0,7$  тис. грн.; для крутопохилого –  $C_{2.к.} = 1$  тис. грн.).

Експлуатаційні витрати, тис. грн.

$$C = A + E_n + Z_n + P.$$

Амортизаційні відрахування  $A$  за рік складаються з амортизаційних відрахувань від вартості конвеєра (без стрічки), самої стрічки та галереї, тис. грн.

$$A = 0,18K_k + 0,25K_c + 0,14K_g.$$

Витрати на електроенергію  $E_n$  протягом року, тис. грн.

$$E_n = C_1 \alpha_1 T \alpha_2 + C_2 N,$$

де  $C_1 = 0,4$  грн. – вартість 1 кВт·год електроенергії;

$\alpha_1 = 0,82$  – коефіцієнт одночасності;

$T = 5000$  год. – тривалість роботи на рік;

$\alpha_2 = 0,9$  – коефіцієнт попиту;

$C_2 = 18,6$  грн. – оплата за 1 кВт встановленої потужності приводу;

$N$  – потужність конвеєра, визначена за формулами (12.2) і (12.4), кВт.

Розмір заробітної плати в розрахунках взяти  $Z_n = 3,9$  тис. грн., витрати на ремонт обладнання конвеєра, тис. грн.,  $P = 0,14K_k$ .

**Вправа 12.** Розрахувати параметри похилого і крутопохилого стрічкових конвеєрів та порівняти їх за техніко-економічними показниками.

#### Послідовність виконання

1. Згідно з завданням (табл. 12.5) знайдіть основні параметри похилого і крутопохилого конвеєрів – ширину стрічки, потужність приводу (occasion).

2. Визначіть питомі зведені витрати похилого  $(Z^{зв}_{итм.})_н$  і крутопохилого  $(Z^{зв}_{итм.})_к$  стрічкових конвеєрів.

3. Порівняйте конвеєри за розрахованими показниками зведених витрат та зробіть висновки щодо техніко-економічної доцільності їх використання.

Таблиця 12.5 – Вихідні дані

Варіант	Подача конвеєра, $Q$ , $t/год$	Висота підйому вантажу, $H$ , $m$	Насипна густина вантажу, $\rho$ , $t/m^3$	Кут відкосу вантажу на стрічці, $\varphi$ , $град.$	Кут нахилу конвеєра, $град$		Максимальний розмір кусків матеріалу, $a$ , $m$	Швидкість стрічки, $v$ , $m/c$
					похилого, $\beta_{п}$	крутопохилого, $\beta_{к}$		
1	200	10	1,8	15	12	25	0,05	1,4
2	300	20	Те ж	Те ж	14	30	0,05	1,5
3	500	30	"	"	16	35	0,05	1,6
4	700	40	"	"	18	40	0,05	1,7
5	800	50	"	"	20	45	0,05	1,8
6	200	50	"	"	12	25	0,06	1,4
7	300	40	"	"	14	30	0,06	1,5
8	500	30	1,9	20	16	35	0,06	1,6
9	700	20	Те ж	Те ж	18	40	0,06	1,7
10	800	10	"	"	20	45	0,06	1,8
11	200	10	"	"	12	25	0,07	1,4
12	300	20	"	"	14	30	0,07	1,5
13	500	30	"	"	16	35	0,07	1,6
14	700	20	"	"	18	40	0,07	1,7
15	800	10	"	"	20	45	0,07	1,8
16	200	50	Те ж	Те ж	12	25	0,08	1,4
17	300	40	"	"	14	30	0,08	1,5
18	500	30	"	"	16	35	0,08	1,6
19	700	20	"	"	18	40	0,08	1,7
20	800	10	"	"	20	45	0,08	1,8
21	200	10	"	"	12	25	0,07	1,4
22	300	20	"	"	14	30	0,07	1,5
23	500	30	1,9	15	16	35	0,07	1,6
24	700	40	Те ж	Те ж	18	40	0,07	1,7
25	800	50	"	"	20	45	0,07	1,8
26	200	50	"	"	12	25	0,06	1,4
27	300	40	"	"	14	30	0,06	1,5
28	500	30	"	"	16	35	0,06	1,6
29	700	20	"	"	18	40	0,06	1,7
30	800	10	"	"	20	45	0,06	1,8

## РОБОТА 13

### РОЗРАХУНОК КОМПЛЕКТУ МАШИН ДЛЯ ШВИДКІСНОГО БУДІВНИЦТВА ДОРІГ І АЕРОДРОМІВ

В дорожньому будівництві використовуються два принципи комплектування машини: експлуатаційний і конструктивний. Під *експлуатаційним принципом* розуміють комплектування ланок або загонів машин, які серійно випускаються промисловістю і призначені для виконання окремих операцій технологічного циклу, переважно поточним методом. Цей принцип доцільний в умовах відносно малих обсягів робіт і обмеженої номенклатури машин в будівельній організації.

*Конструктивний принцип* передбачає створення спеціальних комплектів машин (зазвичай, змонтованих на одній рамі), які зв'язані між собою і виконують завершений технологічний цикл робіт. У склад комплекту входять одна або декілька ведучих машин, що визначають темп технологічного процесу та виконують основні операції, а також комплектуючі (допоміжні) машини. Створення комплектів за конструктивним принципом передбачає можливість взаємозв'язку їх елементів за продуктивністю, уніфікацією агрегатів і вузлів, що приводить до зменшення витрат на виготовлення та експлуатацію машин, а отже підвищення їх ефективності.

Сучасний комплект машин для швидкісного будівництва доріг і аеродромів ДС-110 виконує такі технологічні операції: встановлення копіювальних струн на ділянці до 800 м; планування верха земляного полотна; побудування, ущільнення і планування підґрунтя; розподілення бетонної суміші; ущільнення і опорядження цементобетонного покриття; виконання і заповнення деформаційних швів [9]. Основними машинами цього комплекту є профілювач земляного полотна і підґрунтя, розподілювач бетону з висувним бункером, бетоноукладач із ковзними формами (рис. 13.1). Середня продуктивність комплекту машин становить 1 км покриття ( $2000 \text{ м}^3$  або  $1700 \text{ т}$ ) за зміну.

Темп будівництва лінійних об'єктів значною мірою залежить від технології побудови бетонного покриття. Обмеженнями у використанні комплекту є рухомість бетонної суміші, продуктивність змішувальних установок, вантажопідйомність і число транспортних засобів, організація проведення робіт.

Темп будівництва лінійних об'єктів значною мірою залежить від технології побудови бетонного покриття. Обмеженнями у використанні комплекту є рухомість бетонної суміші (concrete mixture), продуктивність змішувальних установок, вантажопідйомність і число транспортних засобів, організація проведення робіт.

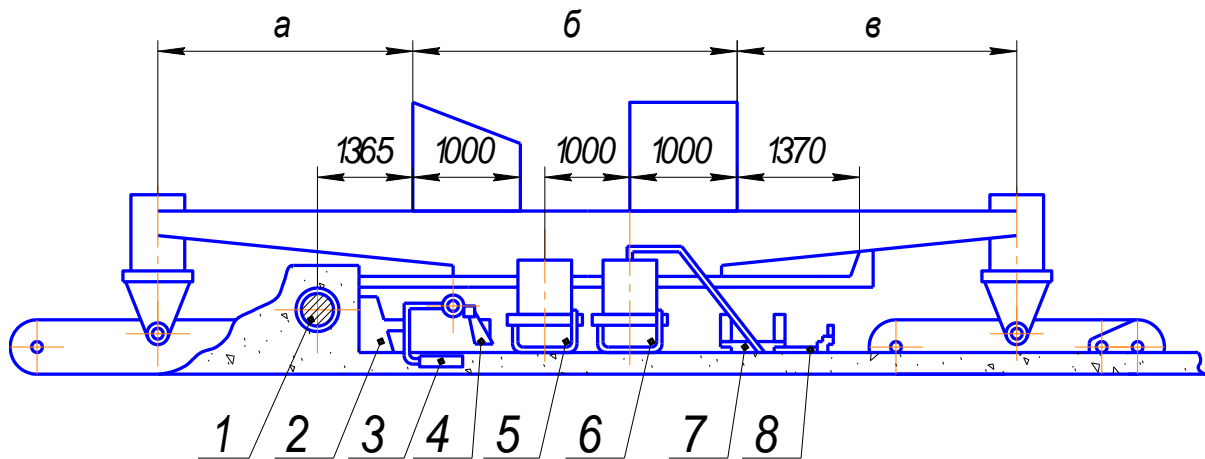


Рисунок 13.1 – Схема розташування робочих органів на рамі бетоноукладача:  
 1 – шнек; 2 – первинна дозувальна заслінка; 3 – глибинний вібратор; 4 – вторинна калібруюча заслінка; 5, 6 – відповідно, первинний та вторинний хитні екструзійні бруси; 7 – кромкоутворювач; 8 – вигладжувальна плита; а, б, в – відповідно, передня, середня і задня частини рами

Розрахункова продуктивність комплекту за зміну, м

$$P_{\text{компл}} = 60 \cdot v_{\text{б}} \cdot T_{\text{зм}},$$

де  $P_{\text{компл}}$  – змінний темп будівництва дороги в метрах готового покриття;

$v_{\text{б}}$  – середня змінна робоча швидкість бетоноукладача, м/хв;

$T_{\text{зм}}$  – тривалість зміни,  $T_{\text{зм}} = 8,2 \text{ год}$ .

Продуктивність змішувальної установки циклічної дії,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$P_{\text{БЗУ}} = \frac{q_3 \cdot n \cdot k_{\text{в}}}{1000}$$

де  $q_3$  – об'єм одного замісу,  $\text{м}^3$ ;

$n$  – число замісів за годину,  $n = 3600/t_{\text{ц}}^{\text{б}} = 3600/(t_1 + t_2 + t_3)$ ;

$t_{\text{ц}}^{\text{б}}$  – тривалість технологічного циклу приготування суміші, с;

$t_1$  – час завантаження компонентів у бетонозмішувач, с;

$t_2$  – час перемішування, с;

$t_3$  – час вивантаження готової суміші, с;

$k_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання,  $k_{\text{в}} = 0,85$ .

Максимальної продуктивності бетонозмішувальна установка досягає, коли об'єм одного замісу відповідає місткості кузова автосамоскида,  $\text{м}^3/\text{год}$

$$P_{\text{БЗУ}}^{\text{max}} = \frac{Q}{\rho} \cdot n,$$

де  $Q$  – вантажопідйомність автосамоскида, т (табл. 13.1);

$\rho$  – густина бетону,  $\rho = 2,4 \text{ т/м}^3$ .



Таблиця 13.1 – Характеристики автосамоскидів і складові робочого циклу

Варіант	Марка автосамоскида	Вантажо-підйомність, $Q, t$	Місткість кузова, $q_a, m^3$	Складові робочого циклу автосамоскида, $xв$		
				$t_1^a$	$t_2^a$	$t_3^a$
1 -5	ЗИЛ-ММЗ-4505	6,0	3,8	3	1,1	1,5
6 - 10	МАЗ-5549	8,0	5,1	4	1,2	2
11-15	КамАЗ-5511	10,0	6,6	5	1,3	4
16-20	КрЛЗ-256Б	12,5	6,0	6	1,4	3
21 -25	КрАЗ-6510	13,5	8,0	8	1,5	5
26-30	МоАЗ-7505	23,0	11,5	10	1,6	6

Реальну продуктивність (виробіток) БЗУ за зміну визначають за формулою,  $m^3/зміну$

$$P_{БЗУ}^p = \frac{60}{t_{зав}} \cdot q_a \cdot T_{зм} \cdot k_v,$$

де  $q_a$  – місткість кузова автосамоскида (або об'єм одного замісу),  $m^3$ ;

$t_{зав}$  – тривалість завантаження одного автомобіля,  $xв$ .

Для установок циклічної дії ця складова охоплює повний цикл приготування і вивантаження суміші та маневрування автосамоскида,  $t_{зав} = t_{ц}^b + t_{ман}$ ; складова часу маневрування  $t_{ман} \approx 1,5 \dots 2 xв$ . Для установок безперервної дії тривалість  $t_{зав} \approx 3 xв$ .

Темп будівництва дорожнього полотна комплектом машин,  $m$

$$P_{комп}^p = \frac{P_{БЗУ}^p}{B \cdot h},$$

де  $B$  – ширина укладання бетонної суміші,  $m$ ;

$h$  – товщина шару укладання бетону,  $m$ .

Найбільший змінний темп будівництва обмежується паспортною технічною продуктивністю бетонозмішувача,  $m$

$$P_{комп}^{max} = \frac{P_{БЗУ}^{max} \cdot T_{зм}}{B \cdot h}.$$

Змінна продуктивність загону автосамоскидів (тобто кількість суміші, яку можуть доставити машини до бетоноукладача або бетонозмішувача),  $m^3/зміну$

$$P_{тр}^{заг} = q_a \cdot N \cdot \frac{60}{T_{ц}^a} \cdot T_{зм},$$

де  $N$  – число самоскидів у загоні;

$T_{ц}^a$  – тривалість циклу автосамоскида,  $xв$ .

Робочий цикл автомобіля-самоскида,  $xв$ .

$$T_{ц}^a = t_1^a + t_2^a + t_3^a + t_4^a + t_5^a + t_6^a,$$

де  $t_1^a$  – тривалість очікування навантаження суміші на цементобетонному заводі;

$t_2^a$  – час навантаження суміші в автосамоскид;

$t_3^a$  – тривалість очікування розвантаження біля бетонорозподілювача або бетоноукладача;

$t_4^a$  – час розвантаження суміші в бункер бетонорозподілювача або на готове підґрунтя перед бетоноукладачем;

$t_5^a$  – тривалість транспортування суміші від бетонного вузла до бетонорозподілювача;

$t_6^a$  – час повернення порожнього транспорту.

Тривалість очікування навантаження  $t_1^a$  залежить від організації роботи цементобетонного заводу і транспортних засобів. Час навантаження суміші  $t_2^a$  містить в собі тривалість перемішування замісу і вивантаження готової суміші; ця складова постійна при заданих умовах. Тривалість  $t_3^a$  залежить від організації маневрів автосамоскидів біля бетонорозподілювача або бетоноукладача; ця складова також залежить від технологічної схеми роботи комплексу, а очікування розвантаження постійне; при використанні бетонорозподілювача і вивантаженні суміші в його бункер  $t_3^a$  більше, ніж при розвантаженні суміші на готове підґрунтя перед бетоноукладачем.

Складова  $t_4^a$  залежить від властивостей бетонної суміші і дальності перевезень; так, при збільшенні дальності перевезення суміш прилипає до кузова автосамоскида і утруднює розвантаження (табл. 13.2). Час транспортування суміші від БЗУ до бетонорозподілювача  $t_5^a$  і повернення порожнього автосамоскида  $t_6^a$  залежить від дальності її транспортування та відповідних швидкостей пересування.

Таблиця 13.2 – Тривалість розвантаження автосамоскида, хв.

Дальність перевезення, $L$ , км	При розвантаженні на підґрунтя	При розвантаженні в бункер бетонорозподілювача
5	0,85	1,00
15	1,00	1,20
25	1,50	1,80
35	2,10	2,40

Швидкість руху автосамоскидів обумовлюється станом під'їзних шляхів і технічним станом машин, який, в свою чергу, залежить від пробігу  $L_{np}$  з початку їх експлуатації. Для навантаженого автосамоскида КрАЗ-256Б швидкість руху  $v_n$  визначають з рис. 13.2, а для порожнього,  $v_n$  – із співвідношення  $v_n / v_n$  в залежності від дальності транспортування бетонної суміші  $L$  (рис. 13.3). Для самоскидів інших марок ці залежності

можуть бути використані як орієнтовні. Тоді складові робочого циклу автосамоскида, хв.

$$t_5^a = (60 \cdot L) / v_n \quad \text{і} \quad t_6^a = (60 \cdot L) / v_n.$$

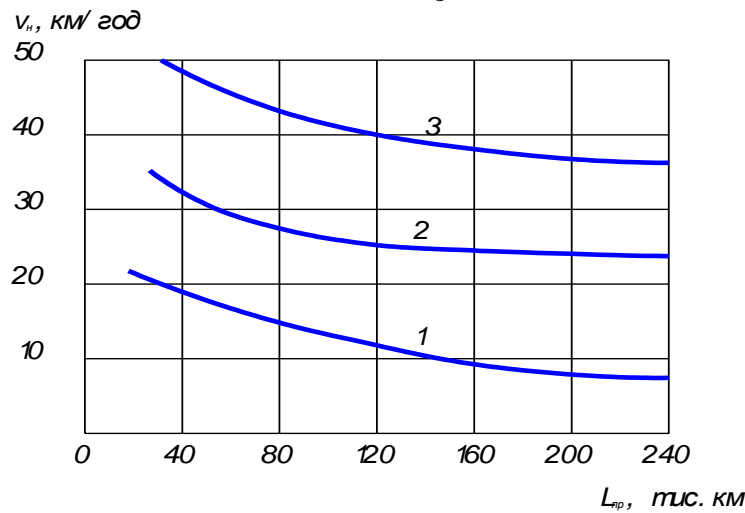


Рисунок 13.2 – Залежність середньої швидкості  $v_n$  навантаженого автосамоскида КрАЗ-256Б від його пробігу  $L_{пр}$  з початку експлуатації на різних дорогах: 1 – дороги з покриттям удосконаленого капітального типу (асфальто- і цементобетонні); 2 – дороги з покриттям полегшеного і перехідного типу та профільовані ґрунтові дороги в сухий період; 3 – ґрунтові дороги – під'їзди

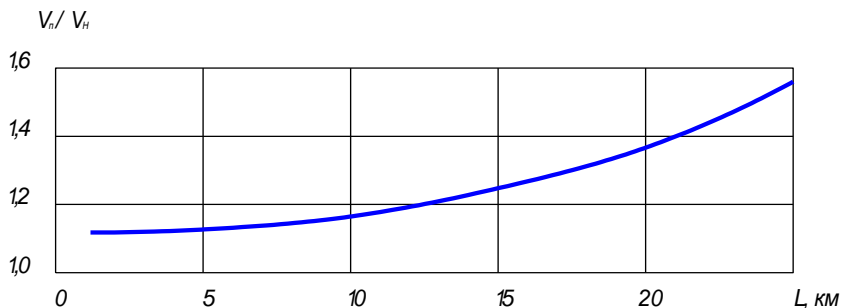


Рисунок 13.3 – Залежність відношення середніх швидкостей порожнього  $v_0$  навантаженого  $v_n$  руху автосамоскида КрАЗ-256Б від дальності транспортування бетонної суміші

Для забезпечення безперебійної роботи всієї системи «комплект-транспорт-цементобетонний завод» необхідно виконання умови

$$\Pi_{комп} = \Pi_{тр} \leq \Pi_{БЗУ},$$

або

$$60 \cdot v_0 \cdot B \cdot h = q_a \cdot N \frac{60}{T_{ц}^a} \leq \frac{q_3 \cdot n \cdot kv}{1000}.$$

Задаючи певний темп укладання бетону  $v_0$ , визначають число транспортних одиниць  $N$ , яке необхідне для безперебійного постачання комплексу машин сумішшю. При цьому високий темп укладання швидко

збільшує дальність транспортування суміші  $L$ , що, в свою чергу, призводить до погіршення якості бетону та зниження темпів будівництва. Тому в кожному конкретному випадку слід економічно обґрунтувати доцільність роботи з меншим темпом без переміщення бетонозмішувача або перебазування його для підтримки високих темпів будівництва доріг і аеродромів.

**Вправа 13.** Розрахувати максимальну і реальну продуктивність бетонозмішувальної установки, темп будівництва дорожнього полотна та оптимальну кількість автосамоскидів для обслуговування комплексу машин ДС-110.

*Послідовність виконання*

1. За вихідними даними (табл. 13.3) встановіть необхідну продуктивність комплексу в зміну.

Таблиця 13.3 – Вихідні дані

Варіант	Швидкість бетоноукладача, $v_b, м/хв$	Ширина дороги, $B, м$	Товщина шару покриття, $h, м$	Шлях транспортування		Бетонозмішувач	
				тип дороги*/довжина, $L, км$		Об'єм замісу, $q_3, м$	Час циклу, $t_{ц}^0, с$
				ділянка 1	ділянка 2		
1	5	12	0,3	1/4	2/12	4	90
2	6	12	0,35	2/6	3/11	5	85
3	4	10	0,25	3/8	2/10	6	80
4	7	10	0,2	1/10	3/9	8	75
5	8	7,5	0,15	2/12	1/8	4	80
6	10	7,5	0,3	3/5	2/7	5	85
7	9	10	0,35	1/7	2/6	6	90
8	11	10	0,25	2/9	1/4	8	95
9	13	7,5	0,2	3/11	1/3	4	100
10	15	7,5	0,15	1/13	3/2	5	90
11	12	10	0,3	2/15	1/5	6	85
12	14	6	0,35	3/17	2/4	8	80
13	16	6	0,25	1/19	3/3	4	75
14	5	10	0,2	2/18	1/8	5	80
15	6	20	0,15	3/16	1/6	6	85
16	4	20	0,3	1/14	2/4	8	90
17	7	16	0,35	2/7	3/1	4	95
18	8	16	0,25	3/3	2/11	5	100
19	10	12	0,2	1/6	3/3	6	90
20	9	12	0,15	2/10	3/2	8	85
21	11	10	0,3	3/2	1/15	4	80
22	13	10	0,35	1/12	2/13	5	75
23	15	7,5	0,25	2/11	1/11	6	80
24	12	7,5	0,2	3/3	2/9	8	85
25	14	6	0,15	1/16	3/1	4	90
26	16	6	0,3	2/18	3/5	5	95
27	5	7,5	0,35	3/15	2/3	6	100
28	6	7,5	0,25	1/12	2/5	8	90
29	4	12	0,2	2/10	1/6	4	85
30	7	12	0,15	3/1	1/8	5	80

\* Тип дороги вибирають згідно з рис. 13.2.

2. Визначте максимальну і реальну продуктивності бетонозмішувальної установки (the betonozmishuval'na setting).

3. Встановіть темп будівництва дорожнього полотна.
4. Розрахуйте робочий цикл автомобіля-самоскида та кількість транспортних одиниць для обслуговування комплекту машин.

## РОБОТА 14

### ПЛАНУВАННЯ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ РОБІТ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

Система планово-попереджувального ремонту (ППР) є такою системою організації та виконання регламентних робіт, при якій ремонти машин плануються заздалегідь, виходячи з відпрацьованої кількості машино-годин. Тобто, дефекти усуваються не тоді, коли машина вже непридатна для використання, а завчасно. При визначенні термінів і виду регламентних робіт виходять з такого зносу машини, при якому ще є можливість її експлуатації, але створюється загроза аварійного наростання зносів при подальшій експлуатації [10].

Система ППР дозволяє: наперед уточнити та узгодити з основним виробництвом час відправлення машини на ремонт; під час експлуатації зберігати нормальний робочий стан машини завдяки своєчасному догляду і ремонтам; заздалегідь планувати весь комплекс ремонтних робіт, тобто, графіки ремонтів, заготовлення ремонтних матеріалів і запасних частин, складання вузлів і агрегатів та необхідні трудові витрати. В системі планово-попереджувального ремонту передбачено такі види робіт: технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонти.

Технічне обслуговування і поточні ремонти машин проводять на експлуатаційних базах механізації спеціалізованими бригадами за участю машиністів. Капітальний ремонт будівельних машин виконують на спеціалізованих ремонтних заводах. Норми періодичності ремонтів і технічного обслуговування машин регламентовано.

1. Складання структурного річного графіка ремонту машини покажемо на прикладі роботи траншейного екскаватора, згідно з табл. 14.1.

Траншейний екскаватор відпрацював з початку експлуатації 6000 годин. На запланований рік передбачається робота протягом 3000 годин. Періодичність виконання ремонту (технічного обслуговування), згідно з табл. 14.2, в машино-годинах дорівнює: капітальний ремонт  $K = 8000$ , поточний ремонт  $\Pi = 1000$ , технічне обслуговування  $TO = 200$  годин. Треба визначити необхідність в ремонтах і технічному обслуговуванні цієї машини протягом року її експлуатації.

*Порядок складання графіка такий:*

Відкладають в масштабі заплановану кількість годин роботи машини (3000 годин, рис. 14.1, а); потім визначають кількість годин до найближчого капітального ремонту ( $8000-6000 = 2000$  год) і відкладають їх на цьому графіку.

В обидві сторони від  $K$  відкладають періодичність поточних ремонтів  $\Pi = 1000$  год (рис. 14.1, б).

Таблиця 14.1 – Вихідні дані

Варіант	Машина	Відпрацьовано зпочатку експлуатації, маш. -год	Передбачається роботи на запланований рік, маш.-год	Планується робочих годин на добу
1	Траншейний екскаватор	2000	2400	7
2		6000	2400	Те ж
3		5000	2400	"
4		2000	3800	"
5		1000	3800	"
6		1500	3800	"
7		1300	2400	"
8		1400	2400	"
9	Екскаватор на гусеничному ході з ковшем місткістю 0,5...0,65 м <sup>3</sup>	8000	3800	14
10		9000	3800	Те ж
11		7000	3800	"
12		8000	2400	"
13		9000	2400	"
14		10000	2400	"
15		10000	3800	"
16		5000	3800	"
17	Бетонозмішувач пересувний	2000	2400	7
18		2500	2400	Те ж
19		3000	2400	"
20		3500	2000	"
21		4000	2000	"
22		4500	2000	"
23	Баштовий кран вантажо- підйомністю 3...5 т·с	12000	3800	14
24		13000	3800	Те ж
25		14000	3800	"
26		8000	2400	"
27		9000	2400	"
28		10000	2400	"
29		11000	2400	"
30		13000	2400	"

Аналогічно, починаючи від К, відкладають періодичність техобслуговувань  $ТО = 200 \text{ год}$  (рис. 14.1, в).

Таким чином, необхідність в ремонтах і технічному обслуговуванні траншейного екскаватора протягом року його експлуатації така: капітальних ремонтів  $K = 1$ ; поточних ремонтів  $\Pi = 2$ ; технічних обслуговувань  $ТО = 12$ .

Графік легко скласти і в тих випадках, коли нема потреби в жодному капітальному ремонті протягом року.

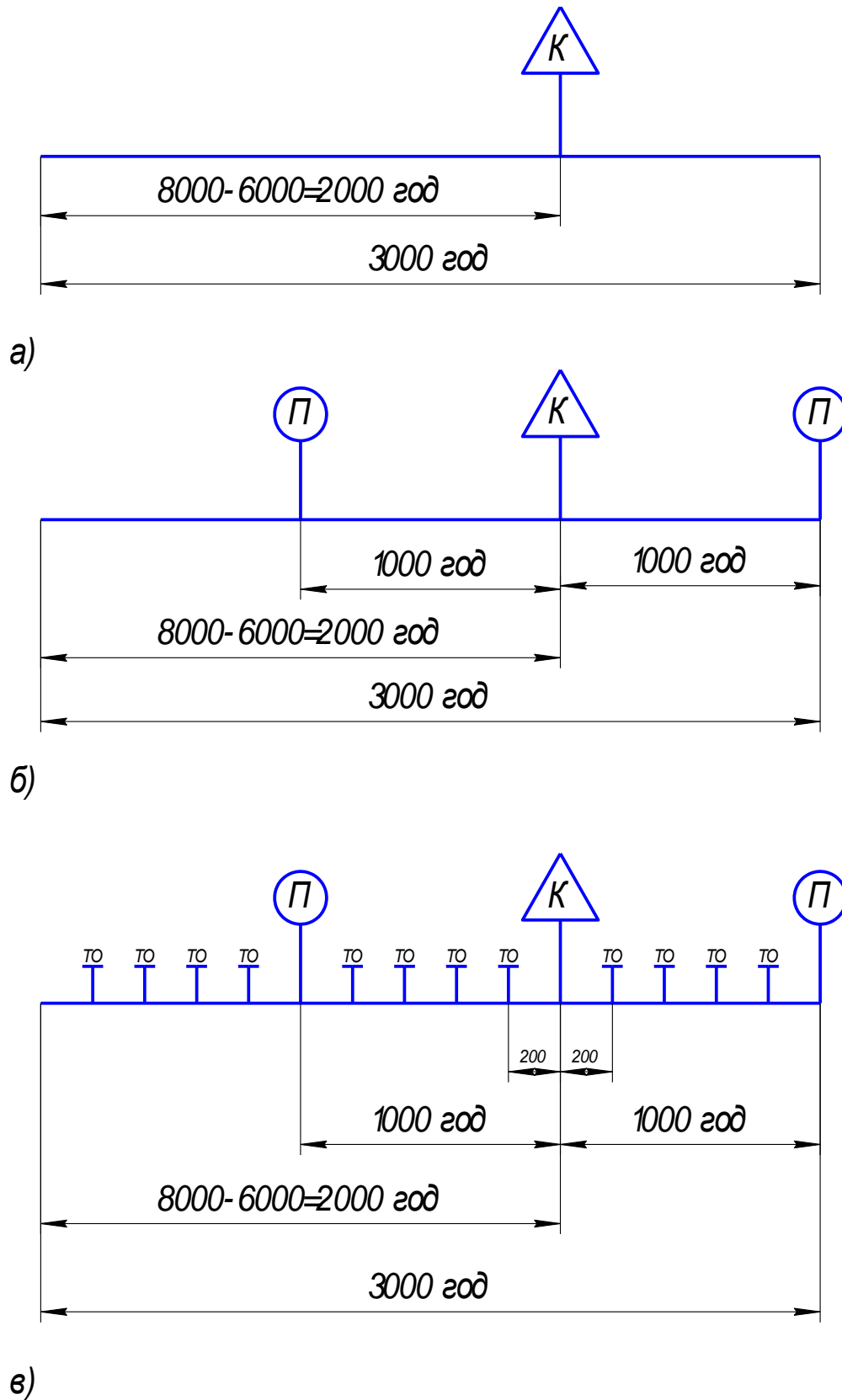


Рисунок 14.1 – Структурний річний графік технічного обслуговування і ремонтів будівельної машини при 3000 год. роботи на рік



Таблиця 14.2 – Нормативи з технічного обслуговування та ремонту будівельних машин

Машина	Види технічних обслуговувань і ремонтів	Періодичність технічних обслуговувань і ремонтів, маш.-год. роботи	Кількість технічних обслуговувань і ремонтів в одному міжремонтному циклі	Час знаходження машини в технічних обслуговуваннях і ремонтах, календарних діб
Екскаватор на гусеничному ході з ковшем місткістю 0,5..0,65 м <sup>3</sup>	ТО	150	72	1
	П	1500	7	10
	К	12000	1	24
Траншейний екскаватор	ТО	200	32	1
	П	1000	7	4
	К	8000	1	17
Баштовий кран вантажопідйомністю 3...5 тс	ТО	200	63	1
	П	1600	8	5
	К	14400	1	20
Бетонозмішувачі пересувні	ТО	150	28	-
	П	2200	3	1
	К	8800	1	2

Таблиця 14.3 – Річний план технічного обслуговування і ремонтів будівельних машин на січень 2012 р.

Машина	Марка машини	№ машини		Відпрацьовано після капітального ремонту або з початку експлуатації на 01 січня 2010 р., маш.-год.	Запланований час роботи машини протягом року, маш.-год.	Необхідна кількість			Примітка
		заводський	інвентарний			капітальних ремонтів (К)	поточних ремонтів (П)	технічних обслуговувань (Т)	
Траншейний екскаватор і т.п.	ЗТЦ-208В	3214	5	6000	3000	1	2	12	

Таблиця 14.4 – Місячний план-графік технічного обслуговування і ремонтів будівельних машин на січень 2012 р.

Машина	Марка машини	№ машини		Відпрацьовано після капітального ремонту або з початку експлуатації на 01 січня 2010 р., маш.-год.	Числа місяця та види техобслуговувань і ремонтів							
		заводський	інвентарний		1	2...5	6, 7	8...12	13	14...18	19	21...26, 28...31
Траншейний екскаватор і т.п.	ЗТЦ-208В	3214	5	6000	Вихідний	Робочі дні	Вихідні	Робочі дні	Вихідний	Робочі дні	ТО	Робочі дні

Примітка: 1. Час знаходження машини в ТО – 1 доба.

2. Між ТО, згідно з графіком (див. рис. 14.1) повинно бути 200 год. або  $200:14 \approx 14$  діб.

На рис. 14.2 наведено структурний річний графік технічних обслуговувань і ремонту траншейного екскаватора, коли планується 1600 годин його роботи на рік (інші дані ті ж самі, що і в попередньому прикладі).

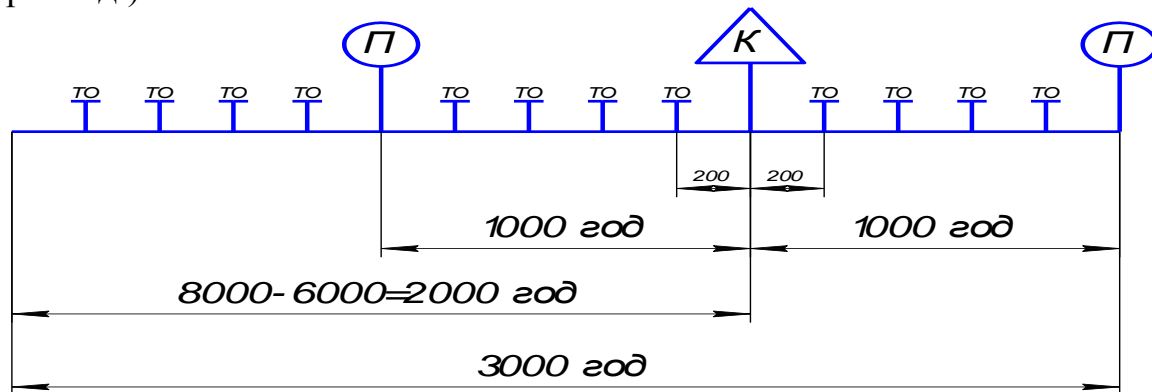


Рисунок 14.2 – Структурний графік технічного обслуговування і ремонтів при 1600 год роботи на рік

Оскільки  $8000 - 6000 = 200$  годин і в запланованому році немає капітального ремонту, його виносять штриховою лінією і будують графік в попередньому порядку. В результаті одержують як послідовність техобслуговувань і ремонтів, так і їх кількість:  $K = 0$ ;  $\Pi = 1$ ;  $TO = 7$ .

2. Заповнення форми річного плану. Згідно з наведеним на рис. 14.1 прикладом річний план технічного обслуговування і ремонту траншейного екскаватора буде мати вигляд, показаний в табл. 14.3.

3. Складання місячного плану-графіка технічного обслуговування. Згідно з наведеним на рис. 14.1 прикладом, якщо кількість годин роботи на добу – 14, а місяць – січень 2012 р., цей графік буде мати вигляд, показаний в табл. 14.4.

**Вправа 14.** Розрахувати кількість технічних обслуговувань і ремонтів будівельних машини протягом року та скласти річний план і місячний план-графік регламентних робіт.

#### *Послідовність виконання*

1. Скласти структурний графік річного ремонту машини згідно з варіантом завдання.
2. Заповнити форму річного плану регламентних робіт (на поточний рік).
3. Скласти місячний план-графік (на перший місяць поточного року).

## ГЛОСАРІЙ

Автомобіль	Car
Автосамоскид	Avtosamoskid
Барабан	Drum
Башта	Tower
Бетонна суміш	Concrete mixture
Бетонне покриття	Concrete coverage
Будівельний майданчик	Construction site
Вантажна каретка	Freight carriage
Вантажопідйомність	Carrying capacity
Виліт	Flight
Вібратор	Vibrator
Віброзанурювач	Vibrozanuryuvach
Відвал	Dump
Глибинний вібратор	Deep vibrator
Двигун	Engine
Дебаланс	Debalans
Динамічна характеристика	Dynamic description
Дробильні машини	Crush machines
Екскаватор	Power-shovel
Елемент забою	Element of zaboy
Ерліфт	Erlift
Жолоб	Chamfer
Забій	Zabiy
Завантаження	Load
Заслінка	Zaslinka
Збурення	Indignation
Зміна	Change
Зчеплення	Coupling
Конвеєр	Konveer
Коробка передач	Gear-Box
Корпус машини	Corps of machine
Коток	Kotok
Кран	Faucet
Крюк	Hook
Ланцюг	Chain
Лебідка	Winch
Машини безперервної дії	Machines of continuous action
Машини циклічної дії	Machines of cyclic action
Напрямок	Direction
Натяг	Drew
Обертання	Rotation

Обладнання	Equipment
Паля	Pile
Панелевіз	Paneleviz
Перетворювач	Transformer
Пневмотранспортна установка	The pnevmotransportna setting
Потяг	Train
Привід	Occasion
Призма волочіння	Prism of dragging
Причеп	Prichep
Пробіг	Ran back
Продуктивність	Productivity
Пульпа	Mash
Редуктор	Reducing gear
Рейс	Trip
Розвантаження	Unloading
Розрихлювач	Rozrikhlyuvav
Розчин	Solution
Самоскид	Tipper
Скрепер	Skreper
Сортування	Sorting
Стріла	Met
Стрічка	Ribbon
Стропування	Stropuvannya
Стружка	Shaving
Струмінь	Stream
Супісок	Sandy loam
Трактор	Tractor
Трактор-штовхач	Tractor-shtovkhach
Трамбувальні машини	Trambuvalni machines
Транспорт гвинтовий	Transport is a screw
Транспорт ківшовий	Transport of kivshoviy
Транспортер	Conveyer
Транспортні засоби	Vehicles of transports
Траншея	Trench
Траса	Route
Тягове зусилля	Hauling effort
Цемент	Cement
Цикл	Cycle
Шина	Tire
Шків	Pulley
Шляхове покриття	Travel coverage
Штовхач	Shtovkhach
Штукатурні роботи	Works of plasters

## ЛІТЕРАТУРА

1. Експлуатація меліоративних і будівельних машин / С. В. Кравець, М. П. Скоблюк, В. Ф. Ткачук, В. І. Романюк. – К. : Вища школа, 1992. – 328 с.
2. Фиделев А. С. Строительные машины : учеб. для вузов / А. С. Фиделев, Ю. Ф. Чубук. – К. : Вища школа, 1979. – 336 с.
3. Строительные машины : Справочник в 2-х т. / под ред. В. А. Баумана и Ф. А. Лапира. – Т. 1. Машины для строительства промышленных, гражданских, гидротехнических сооружений и дорог. – [4-е изд.] – М. : Машиностроение, 1976. – 502 с.
4. Дорожные машины в 2-х частях. Машины для устройства дорожных покрытий / [Артемьев К. А., Алексеева Т. В., Белокрылов В. Г. и др.] – М. : Машиностроение, 1982. – 396 с.
5. Баладинский В. Л. Подводные строительные работы : учеб. пособ. для вузов / В. Л. Баладинский, М. К. Сукач. – К. : ИСМО, 1999. – 223 с.
6. Сукач М. К. Разработка глубоководных грунтов / Сукач М. К. – К. : Наукова думка, 1998. – 348 с.
7. Назаренко І. І. Машины для виробництва будівельних матеріалів : підручник / Назаренко І. І. – К. : КНУБА, 1999. – 488 с.
8. Оптимизация основных параметров экскаваторов и транспортирующих машин : учеб. пос. для студ. спец-ти “Подъемно-транспортные, строительные машины и оборудование” / [Баладинский В. Л., Фомин А. В., Моисеенко В. Г. и др.]. – К. : УМК ВО, 1988. – 263 с.
9. Деревянко С. Н. Оптимальная механизация скоростного строительства автомобильных дорог / Деревянко С. Н. – Харьков : Вища школа, 1983. – 128 с.
10. Полянський С. К. Будівельнодорожні та вантажопіднімальні машини / Полянський С. К. – К. : Техніка, 2001. – 624 с.

*Навчальне видання*

**Слободян Наталя Михайлівна  
Волошин Олександр Борисович**

## **БУДІВЕЛЬНА ТЕХНІКА**

### **Практикум**

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено Н. Слободян

Підписано до друку  
Формат 29,7×41¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.  
Наклад прим. Зам. № 2013-

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-87-36.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
Серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-87-38.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.