

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Навчально-науковий механічний інститут
Кафедра розробки родовищ та видобування корисних копалин

02-06-92М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з навчальної дисципліни
«Основи гірничої інженерії»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Гірництво»
спеціальності G16 «Гірництво та нафтогазові технології»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості ННМІ
Протокол № 3 від 18.11.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до практичних робіт із навчальної дисципліни «Основи гірничої інженерії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Гірництво» спеціальності G16 «Гірництво та нафтогазові технології» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Корнієнко В. Я., Бортник П. П., Волненко С. О., Васильчук О. Ю., Кучерук М. О. – Рівне : НУВГП, 2025. – 45 с.

Укладачі: Корнієнко В. Я., професор, д.т.н., завідувач кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;
Бортник П. П., директор ПрАТ «Рафалівський кар'єр»;
Волненко С. О., заступник нач. РКГП ДП «Українська геологічна компанія», головний геолог ТОВ «БУДТРАНС-ЛОГІСТИК», старший викладач кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;
Васильчук О. Ю., доцент к.т.н., доцент кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;
Кучерук М. О., старша викладачка кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин;

Відповідальний за випуск: Корнієнко В. Я., професор, д.т.н., завідувач кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин.

Гарант освітньо-професійної програми Васильчук О. Ю.

Попередня версія методичних вказівок: 02-06-84М

© В. Я. Корнієнко, П. П. Бортник,
С. О. Волненко, О. Ю. Васильчук,
М. О. Кучерук, 2025
© НУВГП, 2025

Зміст

	ст
Вступ.....	4
Практична робота № 1. Конструкція робочого і неробочого бортів кар'єру.....	5
Практична робота № 2. Визначення об'єму, розмірів, продуктивності і терміну експлуатації кар'єру, запасів корисної копалини і коефіцієнта розкриття.....	10
Практична робота № 3. Розрахунок продуктивності кар'єрних екскаваторів.....	14
Практична робота № 4. Визначення продуктивності кар'єрних автосамоскидів.....	19
Практична робота № 5. Розрахунок бульдозерного відвалоутворення при автомобільному транспорті.....	22
Практична робота № 6. Визначення продуктивності бульдозера, Визначення продуктивності скрепера.....	25
Практична робота № 7. Визначення основних показників фонтанування нафти.....	30
Практична робота №8. Підземні гірничі виробки.....	33
Додатки.....	41
Список використаних літературних джерел.....	45

Вступ

Навчальна дисципліна «Основи гірничої інженерії» є базовою складовою професійної підготовки студентів спеціальності G16 «Гірництво та нафтогазові технології». Її зміст спрямований на формування у майбутніх фахівців цілісного уявлення про сучасну гірничу інженерію як галузь, що охоплює наукові, технічні та технологічні аспекти освоєння надр Землі.

Дисципліна охоплює основні інженерні напрями гірничої діяльності — від проєктування елементів кар'єрів і розрахунку їх параметрів до визначення продуктивності гірничо-транспортного обладнання та аналізу процесів розробки родовищ. У процесі навчання студенти вивчають конструкцію робочих і неробочих бортів кар'єру, методику визначення запасів корисної копалини, коефіцієнта розкриття, об'єму та терміну експлуатації кар'єру. Окрему увагу приділено розрахунку продуктивності екскаваторів, автосамоскидів, бульдозерів і скреперів, а також вивченню технологічних процесів фонтанування нафти та будові підземних гірничих виробок.

Метою дисципліни є формування у студентів системних знань і практичних навичок, необхідних для професійної діяльності бакалавра з гірництва у сфері відкритих, підземних і комбінованих способів розробки родовищ, а також підготовка до подальшого опанування спеціальних дисциплін циклу підготовки гірничих фахівців.

Таким чином, дисципліна «Основи гірничої інженерії» забезпечує формування в студентів практичних навичок розрахунку параметрів гірничих об'єктів, вибору технологічних схем та оцінювання ефективності роботи обладнання. Вона створює підґрунтя для подальшого вивчення спеціальних гірничо-технічних дисциплін і сприяє підготовці фахівців, здатних приймати інженерні рішення на всіх етапах проєктування, будівництва та експлуатації гірничих підприємств.

Практична робота № 1

КОНСТРУКЦІЯ РОБОЧОГО І НЕРОБОЧОГО БОРТІВ КАР'ЄРУ

Мета роботи: ознайомитися з будовою та призначенням робочого і неробочого бортів кар'єру, навчитися визначати їх параметри, кути укосу, висоту уступів і забезпечення стійкості бортів.

Завдання: Розрахувати параметри уступу, робочого майданчика та бортів кар'єру за вихідними даними (табл. 1.1).

Теоретичні відомості:

Елементи відкритих гірничих робіт.

Уступ - частина товщі гірських порід, що має робочу поверхню у вигляді сходинки. Відпрацьовується самостійними засобами виймання та транспортування гірничої маси (рис.1.1).

Уступ включає: а - укіс - похила площина, що обмежує уступ з боку виробленого простору; б - верхній майданчик; в - нижній майданчик.

Горизонтальні площини, обмежують уступ по висоті.

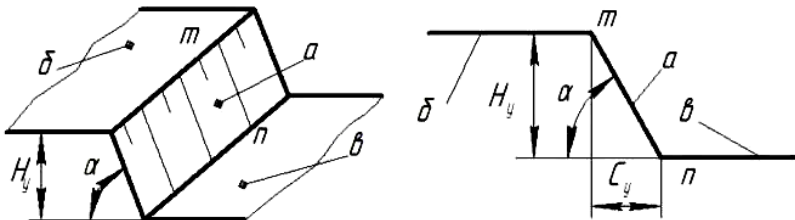


Рис. 1.1 Схема уступу при видобуванні гірських порід: H_y - висота уступу, α_y - кут нахилу укосу уступу, m - верхня бровка уступу, n - нижня бровка уступу, c_y - горизонтальне закладання уступу

Висота уступу та кут нахилу укосу уступу, залежать від фізико- механічних властивостей гірських порід та параметрів

виймально- навантажувального обладнання.

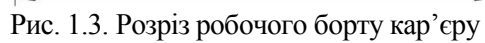
Геометричні параметри кар'єра характеризуються розмірами в плані, глибиною та об'ємом. У процесі робіт з виймання розкривних порід і видобування корисних копалин утворюється вироблений простір. На поверхні Землі вироблений простір обмежується контуром кар'єрного поля. За глибиною вироблений простір обмежується дном кар'єра. На момент відпрацювання кар'єра його називають підпошвою кар'єру чи нижнім контуром. Бічні поверхні виробленого простору називаються бортами кар'єра.

Розміри дна кар'єра визначаються розмірами рудного тіла. Похилі поверхні, що обмежують кар'єр з боку виробленого простору, називається бортами. Борт кар'єра це сукупність уступів. Уступи в кар'єрі поділяються на робочі та неробочі. Уступи, на яких ведуться гірничі роботи, називаються робочими, а на яких не ведеться - неробочими. Борти кар'єра, складені робочими уступами, називаються робочими бортами, неробочими уступами – неробочими бортами.

Неробочий борт кар'єра має наступні майданчики:

- берми безпеки - призначені для збору шматків породи;
- майданчики очищення - влаштовуються через 2-3 неробочих уступу і призначені для механізованого очищення уступів від обвалених шматків породи, ширина яких становить $10\div 12$ м;
- транспортні берми - призначені для транспортування гірничої маси (розкривні породи і корисна копалина), ширина яких становить $10\div 30$ м і залежить від габаритів транспортних засобів. На робочому борту кар'єру розташовуються робочі майданчики, на яких ведуться гірничі роботи.

Викреслити розрізи уступу, робочого майданчика (див. рис. 1.2), та робочого борту кар'єру (див. рис. 1.3), план і розріз неробочого борту кар'єру з тупиковими з'їздами (див. рис. 1.4, 1.5).



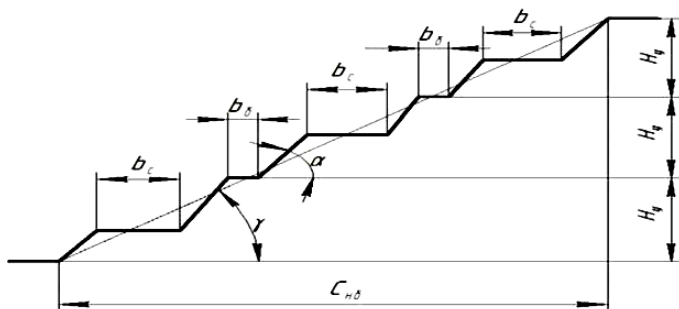


Рис. 1.5. Розріз неробочого борту кар'єру з тупиковими з'їздами

Горизонтальне закладання уступу залежить від висоти уступу та фізико-механічних властивостей гірських порід.

$$C_y = H_y \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \text{ м}, \quad (1.1)$$

де H_y -висота уступу, м; α - кут нахилу бічної поверхні уступу, град.

Ширина розвалу (B_p) висадженої породи залежить від ширини буровибухової заходки в щільному тілі ($III_{\text{вб}}$) та дальності переміщення гірничої маси при висадженні.

Відстань від нижньої бровки розвалу (уступу) до транспортної полоси, приймається $C = 0,5 \dots 1,0$ м. Ширина робочого майданчика для розміщення додаткового обладнання становить $S = 5 \dots 6$ м.

Ширина берми безпеки визначається за формулою

$$Z = H_y \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_y - \operatorname{ctg} \alpha) \geq 3, \text{ м}, \quad (1.2)$$

де α_y - кут стійкості бічної поверхні уступу, град.

Ширина транспортної полоси (приймається для автотранспорту $T = 7$ м; для залізничного транспорту $T = 5$ м).

Довжина з'їзду залежить від виду транспорту.

$$L_c = \frac{1000 \cdot H_y}{i}, \text{ м}, \quad (1.3)$$

де i - ухил з'їзду, ‰.

Висота борту кар'єру визначається за формулою

$$H_6 = H_y \cdot n_6, \text{ м}, \quad (1.4)$$

де n_6 - кількість уступів на борті.

Ширина робочого майданчика ($Ш_{pm}$) при видобуванні корисних копалин

$$Ш_{pm} = B_p + C + T + S + Z + Ш_{вб}, \text{ м.} \quad (1.5)$$

Горизонтальне закладання робочого борту кар'єру

$$C_{pb} = H_y \cdot n_b \cdot ctg\alpha + Ш_{pm} \cdot (n_{pb} - 1), \text{ м,} \quad (1.6)$$

де n_{pb} - кількість уступів на робочому борті.

Горизонтальне закладання неробочого борту кар'єру при тупикових з'їздах

$$C_{nb} = n_{nb} \cdot (H_y \cdot ctg\alpha_y + b_c) + b_b \cdot (n_{nb} - 1), \text{ м,} \quad (1.7)$$

де n_{nb} - кількість уступів на неробочому борті; b_c - ширина з'їзду, м; b_b - ширина захисної берми, м.

Ширина захисної берми приймається

$$b_b \geq \frac{H_y}{3}, \text{ м.} \quad (1.8)$$

Кут нахилу укосу робочого борту кар'єру

$$\varphi = arctg\left(\frac{H_{pb}}{C_{pb}}\right), \text{ град.} \quad (1.9)$$

Кут нахилу укосу неробочого борту кар'єру

$$\gamma = arctg\left(\frac{H_{nb}}{C_{nb}}\right), \text{ град.} \quad (1.10)$$

Таблиця 1.1.

Вихідні дані до практичної роботи № 1.

Варіант	Висота уступу, H_y , м	Кількість уступів, n_{py}	a , град	a_y , град	Ширина з'їзду b_c , м	Ухил з'їзду, ‰	Ширина розвалу висадженої породи, B_p , м	Ширина буровибухової заходки, $Ш_{pб}$, м
1.	10	3	65	55	16	80	26,3	5,2
2.	9	4	70	55	12	40	29,3	6,3
3.	11	5	65	52	15	60	32,2	7,2
4.	12	3	70	64	20	45	35,1	7,1
5.	13	4	70	60	15	55	38,0	6,9
6.	15	5	75	67	18	65	43,9	7,3
7.	16	3	75	70	12	70	46,8	6,3
8.	14	4	80	70	10	75	41,0	6,2

9.	10	5	75	68	15	60	29,5	6,1
10.	9	3	80	69	16	50	31,2	7,9
11.	11	4	65	57	12	55	33,5	6,1
12.	13	5	70	60	13	75	41,2	7,1
13.	15	3	65	57	10	80	44,2	7,9
14.	18	4	70	65	15	40	52,7	6,1
15.	12	5	70	59	16	60	35,1	7,3
16.	10	3	80	68	17	45	31,6	7,4
17.	18	4	65	58	18	40	54,3	5,9
18.	14	5	70	60	15	60	42,5	6,1
19.	15	3	70	60	12	80	42,2	4,2
20.	13	4	75	60	13	45	39,0	5,3

Практична робота № 2

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ, РОЗМІРІВ, ПРОДУКТИВНОСТІ І ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАР'ЄРУ, ЗАПАСІВ КОРИСНОЇ КОПАЛИНИ І КОЕФІЦІЄНТА РОЗКРИТТЯ

Мета роботи: набути навичок розрахунку основних параметрів кар'єру — геометричних розмірів, об'єму гірничої маси, запасів корисної копалини, коефіцієнта розкриття та терміну експлуатації підприємства.

Завдання: Виконати інженерні розрахунки геометричних розмірів кар'єру, визначити його об'єм, запаси корисної копалини та середній коефіцієнт розкриття відповідно до вихідних даних.

Теоретичні відомості:

Розміри дна кар'єру визначаються параметрами покладу корисних копалин. Площа дна кар'єру визначається за формулою

$$S = L \cdot M, \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

де L - довжина покладу за простяганням, м; M - горизонтальна потужність покладу, м.

Периметр покладу на рівні дна кар'єру

$$P = 2 \cdot (L + M), \text{ м}, \quad (2.2)$$

При рівнинному рельєфі поверхні і похилому або крутому падінні покладу об'єм кар'єру може бути визначений як сума окремих геометричних фігур (рис. 2.1.)

$$V_k = V_1 + V_2 + V_3, \text{ м}^3, \quad (2.1)$$

де V_1 - об'єм призми з основою дна кар'єру; V_2 - сумарний об'єм призм трикутного перерізу, що прилягає з чотирьох сторін до об'єму V_1 (V_1' і V_2') - вздовж сторони довжиною L , (V_2'' і V_2''') - вздовж коротких сторін біля бортів кар'єру, довжиною M ; V_3 - сумарний об'єм окремих частин конусу, розміщених в кутових ділянках кар'єру, (V_3'), м^3 .

$$V_1 = L \cdot M \cdot H_k, \text{ м}^3, \quad (2.3)$$

де H_k - глибина кар'єру, м.

$$V_2 = \frac{1}{2} \cdot P \cdot H_k^2 \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{cp}}, \text{ м}^3, \quad (2.4)$$

де γ_{cp} - середній кут відкосу неробочих бортів кар'єру, град.

$$V_3 = \frac{\pi}{3} \cdot H_k^3 \cdot \text{ctg}^2 \gamma_{\text{cp}}, \text{ м}^3. \quad (2.5)$$

Сумарний об'єм кар'єру визначається за формулою

$$V_k = S \cdot H_k + \frac{1}{2} \cdot P \cdot H_k^2 \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{cp}} + \frac{\pi}{3} \cdot H_k^3 \cdot \text{ctg}^2 \gamma_{\text{cp}}, \text{ м}^3 \quad (2.6)$$

Довжина кар'єрного поля на рівні поверхні

$$L_k = L + 2 \cdot H_k \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{cp}}, \text{ м}. \quad (2.7)$$

Ширина кар'єру по верху

$$B = M + 2 \cdot H_k \cdot \text{ctg} \gamma_{\text{cp}}, \text{ м}. \quad (2.8)$$

Об'єм корисної копалини в контурах кар'єру

$$V_{kk} = S \cdot (H_k - h_n), \text{ м}^3 \quad (2.9)$$

де h_n - потужність наносів, м.

Промислові (вилучені з надр) запаси корисної копалини в контурах кар'єру

$$Q_{kk} = V_{kk} \cdot \gamma_{kk} \cdot \eta_k, \text{ т}, \quad (2.10)$$

де γ_{kk} - густина корисної копалини, т/м^3 ; η_k - коефіцієнт вилучення корисних копалин, що враховує втрати корисної копалини при розробці покладу.

Об'єм розкривних порід в контурах кар'єру

$$V_{\text{рп}} = V_k - V_{kk}, \text{ м}^3. \quad (2.11)$$

Величина середнього коефіцієнта розкриття (об'єм вийнятої розкривної породи, який припадає на одиницю видобутої корисної копалини)

$$k_{cp} = \frac{V_{pp}}{Q_{kk}}, \text{ м}^3/\text{т}. \quad (2.12)$$

Продуктивність кар'єру за видобуванням розкривних порід наближено встановлюється за середнім коефіцієнтом розкриття

$$\Pi_{pp} = \Pi_{kk} \cdot k_{cp} \cdot k_n, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (2.13)$$

де Π_{kk} - продуктивність кар'єру за корисною копалиною, т/рік; k_n - коефіцієнт нерівномірності розподілу розкриття за роками експлуатації кар'єру ($k_n=1,1 \dots 1,3$).

Продуктивність кар'єру з видобування гірничої маси

$$\Pi_{gm} = \Pi_{kk} \cdot \frac{1}{\gamma_{kk}} + \Pi_{pp}, \text{ м}^3/\text{рік}. \quad (2.14)$$

Добова продуктивність кар'єру з видобування корисної копалини

$$\Pi_{kk}^d = \frac{\Pi_{pp}}{T_p}, \text{ м}^3/\text{доба}, \quad (2.15)$$

де T_p - число робочих днів за рік ($T_p = 280 \dots 350$ днів).

Добова продуктивність кар'єру за розкриттям

$$\Pi_p^d = \frac{\Pi_{kk}}{T_p}, \text{ м}^3/\text{доба}. \quad (2.16)$$

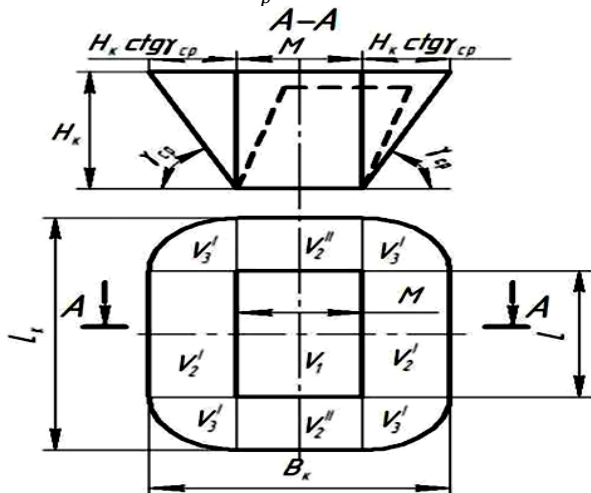


Рис. 2.1. Визначення об'єму кар'єру як суми окремих геометричних фігур

Змінна продуктивність кар'єру за видобутком корисних копалин і розкриттям

$$\Pi_{kk}^{\text{зм}} = \frac{\Pi_{kk}^{\text{д}}}{n_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{зміну}, \quad (2.17)$$

$$\Pi_p^{\text{зм}} = \frac{\Pi_p^{\text{д}}}{n_{\text{зм}}}, \text{ м}^3/\text{зміну}, \quad (2.18)$$

де $n_{\text{зм}}$ - число змін роботи кар'єру за добу (звичайно 2-3 зміни).

Термін роботи кар'єру

$$T_p = T_6 + T_e + T_3, \text{ років}, \quad (2.19)$$

де $T_6 + T_3$ - тривалість освоєння та затухання потужності кар'єру з видобутку гірничої маси (приймається 1,5 роки); T_e - розрахунковий термін експлуатації кар'єру, років.

$$T_e = \frac{Q_{kk}}{\Pi_{kk}}, \text{ років}. \quad (2.20)$$

Вихідні дані для індивідуального розрахунку об'єму, розмірів кар'єру, запасів корисної копалини і коефіцієнта розкриття наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Вихідні дані до практичної роботи 2

Варіанти	L , м	M , м	H_k , м	h_n , м	γ_{kk} , т/м ³	$\gamma_{\text{ср}}$, град	η_k	Π_{kk} , млн.т/рік
1	1200	300	350	45	2,8	40	0,92	10,7
2	1500	400	460	40	2,9	39	0,93	20,7
3	1700	500	170	20	3,0	38	0,94	12,8
4	1600	450	280	30	3,1	36	0,92	16,1
5	1400	350	390	40	3,2	35	0,93	14,0
6	1300	250	200	20	3,3	34	0,94	6,1
7	1900	550	210	30	3,2	33	0,93	17,9
8	1800	180	220	40	3,1	32	0,94	5,8
9	1900	280	330	30	3,0	31	0,95	15,4
10	2000	380	240	10	2,9	40	0,96	15,1
11	2200	200	450	25	3,1	41	0,97	20,0
12	1300	100	210	40	3,4	42	0,92	2,5

13	1500	250	180	15	2,1	43	0,93	4,5
14	1900	150	250	30	2,8	44	0,94	5,7
15	1200	230	320	45	2,7	45	0,92	7,9
16	1800	210	280	20	2,5	44	0,94	9,1
17	2200	190	345	25	3,0	43	0,95	13,2
18	1900	245	360	35	1,9	40	0,92	3,7
19	2100	320	500	10	2,7	39	0,93	9,9
20	1600	195	370	12	2,5	38	0,95	9,7

Практична робота № 3

РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

Мета роботи: навчитися визначати технічну та експлуатаційну продуктивність екскаваторів залежно від об'єму ковша, режиму роботи, умов виїмки й організації навантаження гірничої маси.

Завдання: Виконати розрахунок технічної, змінної і річної продуктивності одноковшового екскаватора типу ЕКГ у скельних породах.

Теоретичні відомості:

Екскаватор — це основна машина для виїмки, навантаження та переміщення гірської маси при виконанні гірничих робіт. Він виконує функції розробки ґрунту, завантаження його у транспортні засоби, формування відвалів або складів сировини. Екскаватори використовуються як при відкритих, так і при підземних роботах (у підземних умовах — у спеціально модифікованих формах).

За принципом дії екскаватори поділяються на:

1. Екскаватори циклічної дії — здійснюють чергове черпання, поворот платформи, вивантаження породи та повернення у вихідне положення. До них належать:

- Механічні екскаватори з прямою лопатою — для розробки породи вище рівня стоянки машини (рис. 3.1. а));
- Екскаватори зі зворотною лопатою — для виїмки нижче рівня стоянки (рис. 3.1. б));
- Драглайни — обладнані ківшем на тросовій підвісці, застосовуються при розробці м'яких порід на великих радіусах дії;
- Ківшові (черпакові) — з безперервним ланцюгом ківшів, використовуються на кар'єрах з великими обсягами робіт.

2. Екскаватори безперервної дії — забезпечують постійну виїмку породи без циклічного повторення робочих рухів. Найпоширеніші типи:

- Роторні екскаватори — обладнані обертовим ротором із ківшами, широко застосовуються у вугільній та торф'яній промисловості;
- Фрезерні та шнекові — використовуються при видобутку корисних копалин з м'яких порід або при зачистних роботах.

За типом ходової частини екскаватори бувають: гсеничні; колісні; крокуючі (шагові).

Основними параметрами екскаватора є: ємність ковша (м^3); радіус дії стріли (м); висота черпання і висота розвантаження (м); продуктивність ($\text{м}^3/\text{год}$ або $\text{т}/\text{год}$); тип приводу (електричний, дизельний або гідравлічний).

Сучасні екскаватори обладнуються системами автоматичного керування, GPS-навігацією та датчиками навантаження, що дозволяє підвищити ефективність і точність робіт при видобутку корисних копалин.

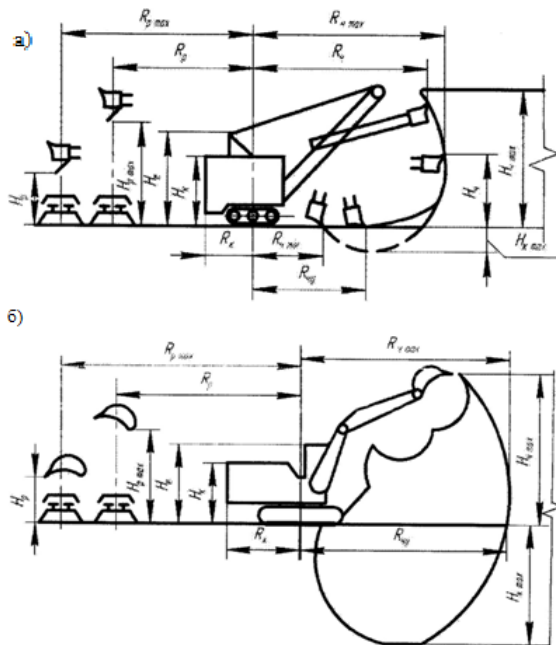


Рис. 3.1. Робочі параметри однокілівшевих екскаваторів
а) пряма механічна лопата; б) зворотня гідравлічна лопата
Коефіцієнт екскавації гірничої маси

$$k_e = \frac{k_n}{k_p} \quad (3.1)$$

де k_n – коефіцієнт наповнення ковша (Додаток 1); k_p – коефіцієнт розпушення гірничої маси в ковші екскаватора (Додаток 1).

Рекомендований середній розмір куса гірської породи

$$d_{cp} = (0,3 \dots 0,4) \cdot \sqrt[3]{E}, \text{ м} \quad (3.2)$$

де E – об'єм ковша екскаватора, м^3 .

Тривалість черпання гірничої маси екскаватором

$$T_{\text{ч}} = \frac{194 \cdot d_{cp}^2}{E} + \frac{E}{0,11 \cdot E + 0,6}, \text{ с}, \quad (3.3)$$

де β – кут повороту робочого органу екскаватора, град.

Тривалість повороту обладнання

$$T_{\text{пов}} = (10 + E) + 0,18 \cdot (\beta - 90^\circ), \text{ с}. \quad (3.4)$$

Таблиця 3.1

Тривалість розвантаження ковша екскаватора

Ємність ковша екскаватора, $E, \text{м}^3$	Тривалість розвантаження екскаватора, $T_p, \text{с.}$
1÷3	1,5÷2,5
3÷8	2,5÷2,7
12÷20	2,9÷3,5

Тривалість циклу роботи екскаватора

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{ч}} + T_{\text{пов}} + T_p, \text{с.} \quad (3.5)$$

Технічна продуктивність екскаватора

$$A_T = \frac{3600 \cdot E}{T_{\text{ц}}} \cdot k_e, \text{м}^3/\text{год.} \quad (3.6)$$

Змінна продуктивність екскаватора

$$A_{\text{зм}} = A_T \cdot T_{\text{зм}} \cdot k_{\text{в}}, \text{м}^3/\text{зміну}, \quad (3.7)$$

де $k_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання екскаватора протягом зміни.

Добова продуктивність екскаватора

$$A_{\text{д}} = A_{\text{зм}} \cdot n_{\text{зм}}, \text{м}^3/\text{добу}, \quad (3.8)$$

де $n_{\text{зм}}$ - кількість змін роботи екскаватора за добу.

Річна продуктивність екскаватора

$$A_p = A_{\text{д}} \cdot T_p, \text{м}^3/\text{рік}, \quad (3.9)$$

де T_p - кількість діб роботи екскаватора протягом року.

Списочний парк екскаваторів

$$N_{\text{ес}} = \frac{P_p}{A_p}, \text{шт.} \quad (3.10)$$

де P_p - річний обсяг видобутку корисних копалин, $\text{м}^3/\text{рік}$.

Коефіцієнт резерву екскаваторів

$$k_{\text{рез}} = \frac{T_{\text{рік}}}{T_p} \quad (3.11)$$

де $T_{\text{рік}}$ - календарна тривалість роботи кар'єру за рік ($T_{\text{рік}} = 350$ діб)

Робочий парк екскаваторів

$$N_{\text{ер}} = \frac{N_{\text{ес}}}{k_{\text{рез}}}, \text{шт.} \quad (3.12)$$

Ширина екскаваторної заходки складає:

- при залізничному транспорті

$$A_{\text{зах}} = (1,5 \dots 1,8) \cdot R_{\text{ч.у}}, \text{м}, \quad (3.13)$$

де $R_{\text{ч.у}}$ - радіус черпання екскаватора на рівні встановлення, м

(Додаток 2);

- при автотранспорті

$$A_{\text{зах}} = (0,8 \dots 1,2) \cdot R_{\text{ч.у}}, \text{ м}, \quad (3.14)$$

Допустима висота уступу (H_y , м) для скельних порід

$$H_y \leq 1,5 \cdot H_{\text{ч}}^{\text{max}}, \text{ м}, \quad (3.15)$$

де $H_{\text{ч}}^{\text{max}}$ - максимальна висота черпання екскаватора, м
(Додаток 2).

Таблиця 3.2

Вихідні дані до практичної роботи №3

Варіант	Модель екскаватора	Категорія порід	β град	$T_{\text{зм}}$ с	T_p діб	Вид транспорту	k_{ϵ}	P_p , млн. м ³ рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ЭКГ-3,2	III	90	8	260	Авто.	0,75	0,9
2	ЭКГ-5А	IV	130	12	260	Залізн.	0,60	1,1
3	ЭКГ-8И	V	120	8	250	Авто.	0,72	1,7
4	ЭКГ-6,3 УС	III	100	12	250	Залізн.	0,63	1,2
5	ЭКГ-5А	IV	120	8	250	Авто.	0,74	1,0
6	ЭКГ-8И	V	130	12	250	Залізн.	0,68	1,8
7	ЭКГ-6,3 УС	III	120	8	250	Авто.	0,75	1,3
8	ЭКГ-12,5	IV	110	12	230	Залізн.	0,65	2,5
9	ЭКГ-3,2	V	90	8	260	Авто.	0,73	0,6
10	ЭКГ-5А	III	120	12	240	Залізн.	0,68	0,7
11	ЭКГ-6,3 УС	IV	130	8	240	Авто.	0,75	0,8
12	ЭКГ-8И	V	140	12	240	Залізн.	0,63	2,9
13	ЭКГ-12,5	III	150	8	250	Авто.	0,73	1,3
14	ЭКГ -20	IV	90	12	230	Залізн.	0,64	3,1
15	ЭКГ-5А	V	120	8	240	Авто.	0,74	0,9
16	ЭКГ-3,2	III	110	12	260	Залізн.	0,65	0,7
17	ЭКГ-5А	IV	115	8	240	Авто.	0,75	0,9
18	ЭКГ-6.3 УС	V	140	12	250	Залізн.	0,68	1,1
19	ЭКГ-8И	III	95	8	240	Авто.	0,74	1,4
20	ЭКГ-12,5	IV	115	12	250	Залізн.	0,63	1,7

Практична робота № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

Мета роботи: засвоїти методику розрахунку продуктивності автосамоскидів з урахуванням вантажопідйомності, довжини транспортного шляху, швидкості руху, часу навантаження та розвантаження.

Завдання: Розрахувати змінну продуктивність автосамоскида з урахуванням його технічних характеристик і транспортних умов.

Теоретичні відомості:

Модель автосамоскида підбирається відповідно до моделі екскаватора. Підбір здійснюється з умови забезпечення раціонального співвідношення між об'ємом кузова автосамоскида і об'ємом ковша екскаватора

$$n_{\text{ков}} = \frac{V_a}{E} \quad (4.1)$$

де V_a - об'єм кузова автосамоскида (Додаток 3), м³; E - об'єм ковша екскаватора, м³.

Час навантаження автосамоскида

$$t_n = \frac{T_{\text{це}} \cdot (n_{\text{ц}} - 0,5)}{60}, \text{ хв}, \quad (4.2)$$

де $T_{\text{це}}$ - тривалість циклу навантаження, с; $n_{\text{ц}}$ - кількість циклів екскавації для повного навантаження автосамоскида.

Кількість циклів екскавації для завантаження автосамоскида з умови вантажопідйомності

$$n_{\text{цг}} = \frac{q_a \cdot k_p}{E \cdot k_n \cdot \gamma} \quad (4.3)$$

де q_a - вантажопідйомність автосамоскида (Додаток 3), т; k_p - коефіцієнт розпушення гірничої маси (Додаток 1); k_n - коефіцієнт наповнення ковша екскаватора (Додаток 1); γ - густина гірничої маси, т/м³ (Додаток 1).

Кількість циклів екскавації для завантаження автосамоскида з умови заповнення об'єму кузова

$$n_{\text{цо}} = \frac{q_a \cdot k_{\text{зап}}}{E \cdot k_n} \quad (4.4)$$

де $k_{зан}$ - коефіцієнт заповнення кузова автосамоскида, $k_{зан}=0,9$.

Порівнюються значення отримані за формулами 9.3 та 9.4:

- якщо $n_{цг} \leq n_{цo}$, то в подальших розрахунках приймається

$$n_{ц} = n_{цг};$$

- якщо $n_{цг} > n_{цo}$, то в подальших розрахунках приймається

$$n_{ц} = n_{цo}.$$

Вага вантажу в кузові автосамоскида становить

$$q = \frac{E \cdot k_{нс}}{k_p} \cdot n_{ц} \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (4.5)$$

де $k_{нс}$ - коефіцієнт заповнення кузова автосамоскида, $k_{нс}=1,05$.

Виконується перевірка за умовою вантажопідйомності автосамоскида

$$q \leq 1,1 \cdot q_a \quad (4.6)$$

Якщо умова виконується, то розрахунки продовжуються, якщо ні, то розрахунки повторюють з вибором іншого автосамоскида, або зменшують об'єм завантаження гірничої маси.

Час руху автосамоскида у вантажному і порожняковому напрямках

$$t_{пyx} = 60 \cdot \frac{2 \cdot L}{v_{cp}}, \text{ хв}, \quad (4.7)$$

де v_{cp} - середня технічна швидкість руху автосамоскида, залежить від дальності транспортування та висоти підйому гірничої маси, км/год. (Додаток 4); L - відстань транспортування гірничої маси, км.

Тривалість транспортного циклу автосамоскида становить

$$T_{цс} = t_o + t_n + t_{пyx} + t_{мн} + t_{мр} + t_p, \text{ хв}, \quad (4.8)$$

де t_o - час очікування навантаження, приймається, $t_o \approx 0,5 \cdot t_n$;

t_n - час навантаження автосамоскида, хв.; $t_{мн}$, $t_{пyx}$ - тривалість операцій маневрування при навантаженні та розвантаженні автосамоскида, хв. (Додаток 3); t_p - тривалість розвантаження автосамоскида, хв (Додаток 3).

Змінна продуктивність автосамоскида

$$Q_a = 60 \cdot \frac{T_{зм}}{T_{цс}} \cdot k_b \cdot q, \text{ т/год}, \quad (4.9)$$

де $T_{зм}$ - тривалість зміни, год. $T_{зм}=8$ год; k_b - коефіцієнт

використання автосамоскида за зміну, $k_8=0,8$.

Кількість рейсів автосамоскида за зміну

$$N_{3M} = 60 \cdot \frac{T_{3M}}{T_{1C}}, \text{ шт.} \quad (4.10)$$

Змінний вантажообіг

$$\Gamma_{3M} = k_H \cdot (P_{KK3M} \cdot P_{pp3M} \cdot \gamma_p), \text{ т/зміну,} \quad (4.11)$$

де k_H - коефіцієнт нерівномірності видобування гірничої маси в кар'єрі, $k_H=1,05$; P_{KK3M} - змінна продуктивність кар'єру з видобутку корисних копалин, т/зміну; P_{pp3M} - змінна продуктивність кар'єру з видобування розкривних порід, м³/зміну; γ_p - густина розкривних порід в щільному тілі, т/м³.

Робочий парк автосамоскидів

$$N_{ap} = \frac{\Gamma_{3M}}{Q_a}, \text{ шт.} \quad (4.12)$$

Інвентарний парк автосамоскидів

$$N_{ain} = \frac{N_{ap}}{k_{тг}}, \text{ шт,} \quad (4.13)$$

де $k_{тг}$ - коефіцієнт технічної готовності автосамоскиду (Додаток 5).

Добовий пробіг автосамоскида (L_d , км):

$$L_d = \frac{2 \cdot L \cdot Q_a}{q} \cdot N_3 \cdot k_o, \text{ км,} \quad (4.14)$$

де k_o - коефіцієнт, який враховує пробіг від гаражу до місця роботи та назад, приймається $k_o=1,05$; N_3 - кількість змін роботи автосамоскидів.

Таблиця 4.1

Вихідні дані до практичної роботи № 4.

Варіант	Категорія порід (по ЕНВ)	Параметри траси	
		L , км	H_n , м
1	I	1,2	20
2	II	4,0	80
3	III	1,4	40
4	IV	3,8	20
5	V	1,6	60
6	I	3,6	200
7	II	1,8	100

8	III	3,4	120
9	IV	2,0	60
10	V	3,2	140
11	I	2,2	80
12	II	3,0	140
13	III	2,4	140
14	IV	2,8	60
15	V	2,6	160
16	I	4,0	200
17	II	1,0	20
18	III	1,4	60
19	IV	1,8	80
20	V	3,6	220

Практична робота № 5 РОЗРАХУНОК БУЛЬДОЗЕРНОГО ВІДВАЛОУТВОРЕННЯ ПРИ АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Мета роботи: закріпити знання з організації відвалоутворення, навчитися визначати обсяги переміщення порід і продуктивність бульдозерів при формуванні відвалів у кар'єрі.

Завдання: Розрахувати параметри бульдозерного відвалу і скласти його план.

Теоретичні відомості:

Площа відвалу розкривних порід

$$S_0 = \frac{W \cdot k_{p.o}}{\eta_j \cdot h_j \cdot \eta_o}, \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

де W - об'єм порід, які підлягають розміщенню у відвалі за весь термін його існування, м³; $k_{p.o}$ - коефіцієнт розпушення гірських порід у відвалі (Додаток 6); h_j - висота ярусу, для одноступінчастих відвалів $h_j=20$ м, для двоступінчастих $h_j=15$ м, для тріступінчастих і більше $h_j=10$ м; η_j - кількість ярусів у відвалі, м; η_o - коефіцієнт

використання площі відвалу, (для однарусних відвалів $\eta_0=0,8\dots0,9$, для двоярусних відвалів $\eta_0=0,6\dots0,7$, для троярусних і більше $\eta_0=0,5$). Кількість відвальних ярусів приймається з умови $S_0 \rightarrow \min$. Загальна висота відвалу повинна бути, як правило не більше 120...180 м в залежності від категорії гірських порід.

Годинна продуктивність кар'єру з видобування розкривних порід

$$P_{p.g} = \frac{P_p}{T_p \cdot n_{zm} \cdot T_{zm}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.2)$$

де P_p - річна продуктивність кар'єру за розкривними породами, $\text{м}^3/\text{рік}$; T_p - число робочих діб кар'єру за рік ($T_p=280\dots350$ діб); n_{zm} - число робочих змін за добу ($n_{zm}=2\dots3$); T_{zm} - тривалість зміни, год, $T_{zm}=8$ год.

Об'єм розкривних порід в цілику, які транспортуються в кузові автосамоскиду, м^3

$$Q_{\Pi} = \frac{q}{\gamma}, \text{ м}^3, \quad (5.3)$$

де q - вага гірських порід в кузові автосамоскида, т; γ - густина розкривних порід в цілику, $\text{т}/\text{м}^3$.

Кількість автосамоскидів, які одночасно розвантажуються на відвалі протягом години

$$N_o = \frac{P_{p.g} \cdot k_n}{Q_{\Pi}}, \text{ шт}/\text{год}, \quad (5.4)$$

де $k_n=1,1\dots1,2$ - коефіцієнт нерівномірності роботи кар'єру по розкриву.

Кількість автосамоскидів, які одночасно розвантажуються

$$N_{ao} = N_o \cdot \frac{t_p + t_{mp}}{60}, \text{ шт}, \quad (5.5)$$

де t_p , t_{mp} - тривалість розвантаження та виконання маневрових операцій при встановленні автосамоскида на розвантаження, хв.

Довжина фронту розвантаження складає

$$L_p = N_{ao} \cdot l_n, \text{ м}, \quad (5.6)$$

де l_n - ширина полоси по фронту, яку займає один автосамоскид при маневруванні, ($l_n=30\dots40$ м).

Кількість ділянок розвантаження, які одночасно задіяні

$$N_{др} = \frac{L_p}{l_d}, \text{ шт}, \quad (5.7)$$

де l_d - довжина фронту однієї ділянки, ($l_d = 60 \dots 80$ м).

Кількість ділянок, на яких здійснюється планування

$$N_{дп} = N_{др}. \quad (5.8)$$

Кількість резервних ділянок розвантаження гірських порід

$$N_{д,рез} = (0,5 \dots 1,0) \cdot N_{др} \quad (5.9)$$

Загальна кількість ділянок розвантаження на відвалі

$$N_d = N_{др} + N_{дп} + N_{д,рез}. \quad (5.10)$$

Загальна довжина відвального фронту

$$L_0 = l_d \cdot N_d, \text{ м}, \quad (5.11)$$

Змінна продуктивність кар'єру по розкритим породам

$$P_{р.зм} = P_{р.г} \cdot k_{p.o} \cdot T_{зм}, \text{ м}^3/\text{зм}. \quad (5.12)$$

Змінний об'єм бульдозерних робіт на відвалі

$$Q_{б.з} = P_{р.зм} \cdot k_n \cdot k_{зав}, \text{ м}^3/\text{зм}. \quad (5.13)$$

де $k_{зав}$ - середній коефіцієнт «завалених» ділянок розвантаження розкритих порід (Додаток 6).

За даними розрахунків приймається модель бульдозера та визначається їх кількість в роботі

$$N_6 = \frac{Q_{б.зм}}{P_6}, \text{ шт}, \quad (5.14)$$

де P_6 - змінна продуктивність бульдозера, $\text{м}^3/\text{зм}$. (Додаток 7).

Інвентарний парк бульдозерів визначається наступним чином

$$N_{б.ін} = 1,4 \cdot N_6 \quad (5.15)$$

Таблиця 5.1

Вихідні дані до практичної роботи № 5.

Варіант	W, млн.м ³	P _р , млн.м ³ /рік	Характеристика порід	
			Тип	γ, т/м ³
1	160	8,0	Пухкі	1,6
2	180	9,0	Напівскельні	1,8
3	200	10,0	Напівскельні	2,0
4	220	11,0	Скельні	2,5
5	120	5,0	Скельні	3,5

6	140	6,0	Розпушені	1,6
7	185	7,5	Напівскельні	1,8
8	260	12,5	Напівскельні	2,0
9	170	8,5	Скельні	2,5
10	210	9,5	Скельні	3,5
11	250	13,0	Пухкі	1,6
12	280	13,5	Напівскельні	1,8
13	300	14,0	Напівскельні	2,0
14	320	14,5	Скельні	2,5
15	195	9,0	Скельні	3,5
16	100	5,0	Розпушені	1,6
17	150	7,5	Напівскельні	1,8
18	200	9,4	Напівскельні	2,0
19	210	8,3	Скельні	2,5
20	240	12,7	Скельні	3,5

Практична робота № 6

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БУЛЬДОЗЕРА. ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СКРЕПЕРА

Мета роботи: опанувати методику розрахунку продуктивності бульдозерів і скреперів, враховуючи технічні характеристики машин, довжину переміщення ґрунту та умови роботи.

Завдання: На основі вихідних даних визначити продуктивність бульдозерів і скреперів при розробці гірських порід у межах кар'єрного простору.

Теоретичні відомості:

1) Розрахунок продуктивності бульдозерів:

Годинна технічна продуктивність бульдозера (м³/год) при вийманні і переміщенні породи визначається за формулою

$$P_{б.тех} = \frac{3600 \cdot V_n \cdot k_{з.п}}{T_{ц.р} \cdot k_{р.п}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (6.1)$$

де V_n - об'єм породи, що переміщується бульдозером за один

цикл, м³; $k_{з.п}$ - коефіцієнт зміни продуктивності бульдозера, що враховує ухил і відстань переміщення породи (табл. 6.1); $k_{р.п}$ - коефіцієнт розпушення породи; $T_{ц.р.}$ - тривалість робочого циклу бульдозера, с.

Таблиця 6.1

Коефіцієнт зміни продуктивності бульдозера

Відстань переміщення породи, м	Коефіцієнт $k_{з.п}$ при переміщенні породи			
	На горизонтальній ділянці	Під ухилом 10%	Під ухилом 20%	На підйом 10%
15	1	1,8	2,5	0,6
30	0,6	1,1	1,6	0,37
65	0,3	0,6	0,9	0,18
100	0,2	0,36	0,55	0,12

Об'єм породи, який переміщується бульдозером за один цикл (об'єм призми волочіння), можна визначити з достатньою точністю як об'єм трикутної призми. Приймавши $h_d \approx h_1$ (рис. 6.1), визначимо

$$V_{\pi} = \frac{b_{\pi} \cdot h_d \cdot B_d}{2}, \text{ м}^3, \quad (6.2)$$

де b_{π} - ширина призми волочіння, м; h_d - висота відвалу, м; B_d - ширина відвалу, м

$$b_{\pi} = \frac{h_d}{\operatorname{tg} \alpha}, \text{ м}. \quad (6.3)$$

де $\alpha = 35 \dots 60^\circ$ - кут ухилу породи в призмі волочіння, град.

Максимальний поперечний ухил поверхні при роботі бульдозерів не повинен перевищувати 30% . Бульдозер може долати підйом 15-18 і 35-40% відповідно з вантажем і без вантажу, а також спуск 45%.

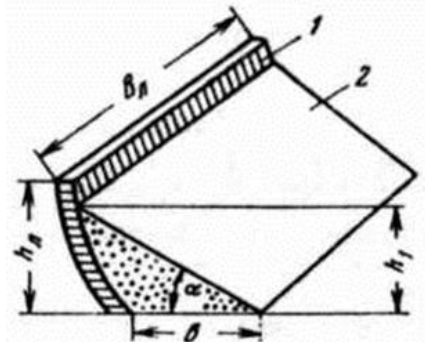


Рис. 6.1. Схема до визначення об'єму призми волочіння:
1- відвал; 2 - гірнича маса

Тривалість робочого циклу бульдозера

$$T_{ц.р.} = t_n + t_{б.в.} + t_{б.п.} + t_{в.} = \frac{L_n}{v_n} + \frac{L_{п.п.}}{v_{р.в.}} + \frac{L_{п.п.}}{v_{р.п.}} + t_{в.}, \text{ с}, \quad (6.4)$$

де t_n - тривалість набору породи, с; $t_{б.в.}$ - тривалість руху бульдозера з вантажем, с; $t_{б.п.}$ - тривалість руху бульдозера без вантажу, с; $t_{в.} = 5 \div 10$ с - тривалість перемикання швидкостей і опускання відвалу, с; $L_n, L_{п.п.}$ - відповідно відстань набору і переміщення породи, м; $v_n, v_{р.в.}$ і $v_{р.п.}$ - середня швидкість руху бульдозера відповідно при екскавації породи, з завантаженим відвалом і холостого ходу (табл. 6.2), м/с.

Змінна експлуатаційна продуктивність бульдозера

$$П_{б.зм} = \frac{3600 \cdot V_{п.} \cdot k_{з.п.} \cdot T_{зм.} \cdot k_{в.б.}}{T_{ц.р.} \cdot k_{р.п.}}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (6.5)$$

де $T_{зм}$ - тривалість зміни, год; $k_{в.б.} = 0,7 \div 0,8$ - коефіцієнт використання бульдозера за зміну.

Робота бульдозерів ефективна при переміщенні гірської маси на невелику відстань (до 80 м). При розробці розсипів і роботі під ухил іноді раціонально переміщати гірську масу на відстань 100 м і більше.

Продуктивність бульдозерів залежить в основному від їх потужності, типу, які розробляються та відстані їх переміщення. При відстані $L_{п.п.}$ переміщення порід 15-20 м змінна продуктивність бульдозерів потужністю 75-200 кВт в м'яких

породах становить 800- 1300 м³, при $L_{п.п.} = 100$ м вона знаходиться в межах 200-350 м³

Таблиця 6.2

Середня швидкість руху бульдозера

Породи	Швидкість руху бульдозера, м/с		
	при екскавації породи	з завантаженням відвалом	при холостому ходу
Піщані і м'які	0,6-1,2	1-2	1,6-2,5
Щільні, щебенево-гравійні та злежано звязні	0,55-0,9	1-1,3	1,2-2,8
Дрібно висадженні	0,15-0,35	0,6-0,8	0,7-1,3

Годинна технічна продуктивність бульдозера на планувальних роботах визначається за формулою

$$P_{б.тех.пл} = \frac{3600 \cdot (b_{пол} - a) \cdot L_{пл}}{n_{пр} \cdot \left(\frac{L_{пл}}{v_{пл}} + t_{пов} \right)}, \text{ м3/год.} \quad (6.6)$$

де $L_{пл}$ - довжина планованого ділянки, м; $b_{пол}$ - ширина смуги планування за один прохід бульдозера, м; $a = 0,3 \div 0,4$ - ширина перекриття смуги, м; $n_{пр}$ - число проходів бульдозера по одній смузі; $v_{пл}$ - швидкість руху бульдозера при плануванні (на першій передачі $v_{пл} = 0,3 \dots 0,7$), м/с; $t_{пов}$ - тривалість повороту бульдозера при кожному проході, $t_{пов} = 8 \dots 12$ с.

2) Розрахунок продуктивності скреперів:

Розробка породи скрепером проводиться горизонтальними шарами (при заповненні ковша на горизонтальному майданчику) і похилими шарами (в основному, при проведенні траншей) із заповненням ковша на похилій поверхні при русі скрепера під ухил. В останньому випадку час завантаження ковша скорочується на $20 \div 30$ % завдяки більшій товщині зрізаного шару. Кут нахилу забою змінюється в межах $10 \div 20^\circ$. Довжина похилого забою визначається за формулою

$$L_3 = \frac{E \cdot k_{ck}}{(b_k \cdot b_{ck})}, \text{ м,} \quad (6.7)$$

де E - місткість ковша скрепера, м³; k_{ck} - коефіцієнт

скреперування (екскавації); b_k - ширина ріжучої кромки ковша, м; b_{ck} - товщина шару, що розробляється скрепером, м.

Коефіцієнт скреперування дорівнює відношенню коефіцієнта наповнення ковша до коефіцієнта розпушення породи в ковші

$$k_{ck} = \frac{k_{nk}}{k_{pk}}, \quad (6.8)$$

де k_{pk} - розпушення породи в ковші; k_{nk} - коефіцієнт наповнення ковша, $k_{nk} = 1, 1 \dots 1, 4$.

Годинна технічна продуктивність скрепера залежить від властивостей породи, місткості ковша, відстані і швидкості транспортування і визначається за формулою

$$P_{\text{ск.тех}} = \frac{60 \cdot E}{T_{\text{ц.р}}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (6.9)$$

де $T_{\text{ц.р}}$ - тривалість робочого циклу скрепера, хв.

$$T_{\text{ц.р.}} = t_n + t_{\text{р.в.}} + t_p + t_{\text{р.п.}} + t_d, \text{ хв}, \quad (6.10)$$

де t_n - тривалість наповнення ковша, $t_n = 0, 7 \dots 1, 5$ хв.; $t_{\text{р.в.}}$, $t_{\text{р.п.}}$ - тривалість руху скрепера відповідно завантажено та порожнього, хв; t_p - тривалість розвантаження, $t_p = 0, 3 \dots 1$ хв.; t_d - тривалість допоміжних операцій (повороти і переключення передач), $t_d = 1 \dots 1, 5$ хв.

Тривалість руху завантаженого скрепера

$$t_{\text{р.в.}} = \frac{60 \cdot l_b}{v_b}, \text{ хв}, \quad (6.11)$$

де l_b - відстань транспортування гірничої маси, км; v_b - швидкість руху завантаженого скрепера, $v_b = 0, 36 \dots 3, 0$ км/год.

Тривалість руху порожнього скрепера

$$t_{\text{р.п.}} = \frac{60 \cdot l_n}{v_n}, \text{ хв}, \quad (6.12)$$

де l_n - відстань руху порожнього скрепера, км; v_n - швидкість руху порожнього скрепера, $v_n = 0, 6 \dots 4, 8$ км/год.

Змінна експлуатаційна продуктивність колісного скрепера визначається за формулою

$$P_{\text{ск.зм}} = \frac{60 \cdot E \cdot T \cdot k_{ck} \cdot k_{\text{в.ск}}}{T_{\text{ц.р}}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (6.13)$$

де T - тривалість зміни, год; $k_{\text{в.ск}}$ - коефіцієнт використання скрепера протягом зміни, $k_{\text{в.ск}} = 0, 7 \dots 0, 85$.

Колісні скрепери мають переваги над іншими виїмковими

машинами простотою конструкції, надійністю, невеликою масою і вартістю.

Продуктивність потужних колісних скреперів залежить від відстані транспортування. Змінна експлуатаційна продуктивність скреперів з ковшем місткістю 15 м^3 при відстані транспортування 200 м становить $1000 \dots 1500 \text{ м}^3/\text{змін.}$ (при транспортуванні на відстань 1000 м вона знижується до $300 \text{ м}^3/\text{змін.}$).

Практична робота № 7 **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ** **ФОНТАНУВАННЯ НАФТИ**

Мета роботи: ознайомитися з фізичними основами процесу фонтанування нафти, навчитися визначати основні технологічні параметри видобутку

Завдання: Визначити мінімальний пластовий тиск фонтанування при заданих вхідних умовах.

Теоретичні відомості:

Явище підйому нафти у свердловині з виходом на поверхню під дією пластової енергії називається фонтануванням, а спосіб експлуатації – фонтанним.

Практика експлуатації свердловин показує, що в переважній більшості випадків фонтанування відбувається одночасно за рахунок гідростатичного напору та енергії газу, що розширюється. В таких фонтанних свердловинах привибійна зона заповнена тільки нафтою з розчиненим в ній газом, тобто одною фазою. По мірі підйому нафти в свердловині у напрямку гирла тиск зменшується, і коли він стає рівним тиску насичення, із нафти починає виділятися розчинений газ, тобто друга фаза.

Двохфазний потік ділять на три основні режими руху:

- 1) режим піни (рис. 7.1 а), при якому бульбашки газу більш або менш рівномірно розподілені в потоці нафти;
- 2) «чіточний» режим (рис.7.1 б), коли газ що розширюється, утворює в потоці нафти великі бульбашки;

3) режим «туману» (рис.7.1 в), при якому потік газу рухається по центру труби і захоплює за собою краплини нафти.

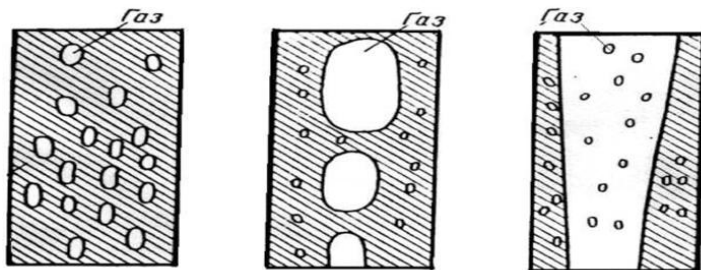


Рис. 7.1 – Основні режими руху газу в нафтовій свердловині: а) режим піни; б) «чіточний» режим; в) режим туману

Газовий фактор пластової нафти – відношення отриманого із свердловини об'єму газу (в м^3), приведеного до атмосферного тиску та температурі $+20^\circ\text{C}$ до кількості (маси або об'єму) відобутої за той же час нафти (в т або в м^3) при такому ж тиску і температурі. Всі інші величини - тиск насичення, питомий об'єм пластової нафти при різних тисках і температурах, розчинність газу в нафті, величина усадки пластової нафти при виділенні газу, а також в'язкість пластової нафти в залежності від тиску, температури і газового фактора - вимірюються в лабораторних умовах під час вивчення проб пластової нафти.

Пластова нафта, яка надходить з затрубного простору в насос, в більшій чи меншій мірі розбавляється нафтою, яка через конвективне перемішування вже частково піддалася розгазуванню. Тож через насос проходить нафта з газовим фактором меншим, ніж газовий фактор пластової нафти.

Товарна нафта являє собою частину багатозфазної свердловинної продукції нафтового родовища, включаючи частину пластової нафти після її промислової підготовки. Тобто в товарній нафті практично не залишається розчиненого газу, який був спочатку розчинений у пластовій нафті і, в першому наближенні, максимальну кількість його можна характеризувати газовим фактором пластової нафти G . При розгазовуванні

пластової нафти в процесі її підйому на поверхню у видобувних свердловинах, в системі збирання та промислової підготовки до товарних кондицій частина нафти випаровується в нафтовий газ.

Коефіцієнт розчинності

$$\alpha = \frac{\Gamma \cdot \rho_{н.д.}}{[(p_{нас} - 0,1) \cdot 10^9]} \text{ МПа}^{-1} \quad (7.1)$$

де Γ - газовий фактор, м³/т; $\rho_{н.д.}$ - густина дегазованої нафти, кг/м³; $p_{нас}$ - тиск насичення, МПа.

Ефективний газовий фактор

$$\Gamma_{\text{еф}} = \frac{\Gamma - 10^3 \cdot \rho_{\Gamma} \cdot \frac{\alpha}{\rho_{н.д.}}}{2} \cdot \left(1 - \frac{n_B}{100}\right), \text{ м}^3/\text{т} \quad (7.2)$$

де p_c - протитиск на гирло, МПа; n_B - обводненість продукції, %.

Під час зменшення вибієного тиску довжина газорідинного підйомника збільшується, що веде до зростання необхідної питомої витрати газу, і коли питома витрата стане дорівнювати ефективному газовому фактору, процес фонтанування зупиниться.

Продукція свердловин обводнена. Визначимо середню густину нафти

$$\rho_n = \frac{(\rho_{н.д.} + \rho_{н.пл})}{2}, \text{ кг/м}^3 \quad (7.3)$$

де $\rho_{н.пл}$ - густина пластової нафти, кг/м³.

Для наближеного врахування відносного руху води в нафті при визначенні густини рідини використовуємо масову обводненість продукції

$$\rho_p = \rho_n \cdot \left(1 - \frac{n_B}{100}\right) + \rho_B \cdot \frac{n_B}{100}, \text{ кг/м}^3 \quad (7.4)$$

де ρ_B - густина пластової води кг/м³.

Максимальна довжина газорідинного підйомника

$$H_{\text{max}} = 0,5 \cdot \left[h + \sqrt{h^2 + 10,31 \cdot \Gamma_{\text{еф}} \cdot d^{0,5} \cdot h \cdot \lg\left(\frac{p_{нас}}{0,4}\right)} \right], \text{ м} \quad (7.5)$$

де d - внутрішній діаметр НКТ, мм.

$$h = \frac{(p_{нас} - 0,4) \cdot 10^6}{(\rho_p \cdot g)}. \quad (7.6)$$

Мінімальний вибієний тиск фонтанування

$$p_{\text{виб.мін}} = p_{нас} + (L - H_{\text{max}}) \rho_{p1} \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа} \quad (7.7)$$

де L - глибина свердловини, м.

$$\rho_{p1} = \rho_{н.пл} \cdot \left(1 - \frac{n_B}{100}\right) + \rho_B \cdot \frac{n_B}{100}. \quad (7.8)$$

Вихідні дані до практичної роботи № 7.

Визначити мінімальний пластовий тиск фонтанування при різних вхідних умовах. Вхідні умови: глибина свердловини $L=1750+(3 \cdot N_{\text{вар.}})$ м, внутрішній діаметр НКТ $d=62$ мм, протитиск на гирло $p_c=0,4$ МПа, тиск насичення $p_{\text{нас}}=8,65$ МПа, газовий фактор $\Gamma=56,4+(N_{\text{вар.}})$ м³/т, густина пластової нафти $\rho_{н.пл}=760$ кг/м³, густина дегазованої нафти $\rho_{н.д.}=860$ кг/м³, обводненість продукції $n_B=10\%$, густина пластової води $\rho_B=1180$ кг/м³, азот в супутньому газі відсутній.

Практична робота №8. ПІДЗЕМНІ ГІРНИЧІ ВИРОБКИ

Мета роботи: засвоїти основні типи та призначення підземних гірничих виробок, навчитися визначати їх геометричні параметри, конструктивні елементи та послідовність проведення.

Завдання: Засвоїти класифікацією та призначення підземних гірничих виробок та їх основні характеристики.

Теоретичні відомості:

Розробка будь -якого родовища корисної копалини підземним способом вимагає виконання значного обсягу робіт щодо спорудження різноманітних гірничих виробок.

Підземна гірнича виробка - порожнина в масиві гірських порід, утворена в результаті гірничих робіт з метою розвідки, розробки родовища корисної копалини, а також і для якоїсь іншої мети (тунелі метрополітену, каналізаційні підземні колектори в містах, підземні заводи, гаражі, склади, та інше).

При спорудженні гірничо-видобувного підприємства і в процесі розробки постійно доводиться споруджувати значну кількість різноманітних гірничих виробок.

Гірничі виробки класифікують за різними ознаками: за співвідношенням розмірів, за стадіями розробки, за положенням

їх у просторі, за призначенням. Загальна класифікація гірничих виробок наведена на рис. 8.1.



Рис. 8.1. Класифікація гірничих виробок

До камерних або об'ємних виробок відносять такі, довжина яких не набагато більша розмірів поперечного перерізу. Це, як правило, камери для розміщення різноманітного устаткування (водовідливу, підстанцій, підземного бункера, медпункту тощо).

Протяжні гірничі виробки мають довжину в багато разів більшу від поперечного перерізу.

За стадіями розробки родовищ виробки поділяються на: розкривні, підготовчі, нарізні та очисні.

Розкривні виробки проходять з метою забезпечення доступу до родовища корисних копалин. Підготовчі та нарізні виробки проходять з метою підготовки родовища або його частини до видобутку корисних копалин. Очисні виробки - виробки, в яких безпосередньо виконується видобування корисних копалин.

За положенням у просторі виробки поділяються на: вертикальні, горизонтальні та похилі. Необхідно відзначити, що чисто горизонтальних виробок не проводять, їх підосва на всьому простяганні ведеться з деяким нахилом у сторону приствольного двору, що дорівнює $0,003...0,007$ (перевищення $3...7$ м на довжині 1000 м) для стікання води та зменшення опору руху навантажених вагонів до стволу шахти.

Гірничі виробки споруджують для виконання певних технологічних процесів з видобування корисних копалин: транспортування гірських порід, їх випуску, доставки і навантаження, перепуску з одного горизонту на інший, провітрювання, сполучення із забоями тощо (рис. 8.2).

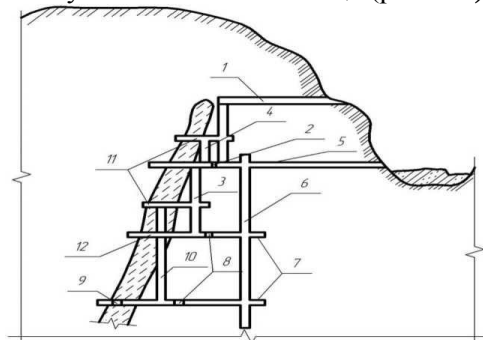


Рис. 13.2. Схема підземних гірничих виробок: 1 - вентиляційна штольня; 2 - польовий штрек; 3, 4 - підняттяві виробки; 5 - штольня; 6 - сліпий ствол; 7 - поверхові квершлагги; 8 - відкатні штреки; 9 - рудний штрек; 10 - міжповерхова підняттява виробка; 11, 12 - орти

У більшості випадків кожна гірнича виробка виконує декілька функцій. Наприклад, відкатний штрек основного горизонту, крім транспортування гірських порід та матеріалів, використовують для провітрювання, пересування людей, подачі стисненого повітря, електроенергії, стікання води.

Деякі гірничі виробки (стволи шахт, штольні, тунелі, шурфи) мають безпосередній вихід на денну поверхню, звідки і починають їх спорудження. Інші виробки (квершлагги, штреки, орти, підняттяві, тощо) не мають безпосереднього виходу на

денну поверхню і їх споруджують із будь-якої іншої виробки (наприклад, квершлаг від ствола шахти).

Гірничі виробки, які найбільш часто зустрічаються при підземній розробці родовищ, схеми розташування яких наведені на рис. 8.3.

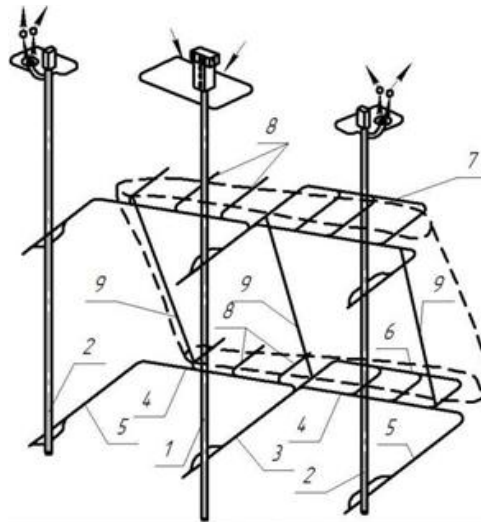


Рис. 8.3. Схема підземних гірничих виробок: 1 - головний ствол; 2 - вентиляційні стволи; 3 - головний квершлаг; 4 – відкатні штреки; 5 - допоміжні квершлагів; 6,7 - штреки по корисній копалині; 8 - орти-заїзди; 9 - міжповерхові підняття

Вертикальні гірничі виробки

Ствол шахти - вертикальна виробка, яка має безпосередній вихід на денну поверхню і призначена для обслуговування підземних робіт у межах шахтного поля (підйом корисних копалин і пустих порід, матеріалів, устаткування, провітрювання, подачі енергії тощо).

Залежно від функцій, які вони виконують, розрізняють стволи шахт: головні та допоміжні.

Головний ствол - той, по якому на поверхню видають видобуті корисні копалини і породу, здійснюють спуск та підйом людей, матеріалів, устаткування.

Допоміжний ствол шахти призначений для виконання

допоміжних функцій: провітрювання, спуск закладного матеріалу тощо.

Сліпий ствол шахти відрізняється від простого ствола лише тим, що немає безпосереднього виходу на денну поверхню. Сліпий ствол споруджують з одного горизонту на інший, і він виконує ті ж функції, що і ствол шахти.

Шурф - вертикальна гірнича виробка, пройдена з денної поверхні на відносно невелику глибину (декілька десятків метрів) з метою розвідки. Інколи шурфи використовують і при експлуатації для виконання допоміжних функцій (частіше для провітрювання). Як правило, шурфи проходять перерізом прямокутної форми. Рідко шурфи проходять похило.

Горизонтальні гірничі виробки

Штольня - горизонтальна гірнича виробка, пройдена з денної поверхні і призначена для обслуговування підземних гірничих робіт у межах шахтного поля.

Штольні виконують ті ж функції, що і стволи шахт, і залежно від функцій, які вони виконують, поділяються на: головні та допоміжні.

Штольні споруджують при наявності відповідного гористого рельєфу місцевості.

Квершлаг - горизонтальна гірнича виробка, яка немає безпосереднього виходу на денну поверхню, проведена у вміщуючих породах навхрест простяганню родовища.

Розрізняють квершлагі: головні - проведені на основних горизонтах від головного ствола шахти, допоміжні - проведені до допоміжних стволів шахти.

Залежно від розташування, квершлагі виконують наступні функції: транспортування корисних копалин і пустої породи, устаткування та матеріалів, пересування людей, провітрювання, подачі електричної та пневматичної енергії тощо.

Штрек - горизонтальна гірнича виробка, яка не має безпосереднього виходу на денну поверхню і розташована за простяганням крутих та похилих родовищ та в будь-якому напрямку на горизонтальних родовищах.

Штрек, який пройдено по родовищу корисних копалин,

називається *рудним*, а пройдений по породах - *польовим*.

Штреки, розташовані на рівні основних відкатних горизонтів, називають *головними* або *основними* відкатними. Штреки, розташовані між основними горизонтами, називаються підповерховими.

Залежно від функцій, які вони виконують, розрізняють штреки: головні, відкатні, вентиляційні, підсічні, доставочні, бурові та інші.

Орт - горизонтальна гірнича виробка, яка немає безпосереднього виходу на денну поверхню і пройдена нахрест простяганню в межах родовища.

Приствольний двір - комплекс гірничих виробок, що примикають до ствола шахти та розташованих у безпосередній близькості до ствола шахти, призначених для обслуговування розвантаження корисних копалин і породи в підземний бункер, всіх спуско-підйомних операцій.

Похилі гірничі виробки

Похилий ствол шахти - те ж саме, що і вертикальний ствол шахти, але пройдений під деяким кутом до горизонту.

Розрізняють похилі шахти зі скіповим та конвеєрним підйомом. Перші проходять під кутом 30° - 50° , а другі - під кутами 15° - 18° .

Підняттявий - похила або вертикальна гірнича виробка, яка не має безпосереднього виходу на денну поверхню і пройдена між горизонтами з метою пересування людей, провітрювання, перепуску корисних копалин або породи, доставки матеріалів та устаткування на підповерх тощо.

Гезенк - це виробка, яка споруджується зверху вниз. (*Підняттявий* як правило, споруджують знизу вгору.).

Залежно від функцій, які вони виконують, підняттяві поділяються на: ходові, вентиляційні, перепускні, відрізні, матеріальні. Часто один підняттявий виконує декілька функцій: пересування людей, провітрювання, доставка матеріалів тощо.

Підняттяві звичайно проходять прямокутної або круглої форми у поперечному перерізі і, залежно від функцій, які вони виконують, відповідним чином обладнують.

У блоках із великими запасами корисних копалин

матеріальні підняттяві обладнують ліфтовими підйомниками для підйому та спуску людей, доставки матеріалів та устаткування.

У гірничих виробках розрізняють такі елементи: *устя* - початок виробки, *вибій* - кінець виробки.

У горизонтальних виробках називають: бокові вертикальні стінки - *боками*, низ виробки - *підшовою*, а верх - *покрівлею*.

Гірничі виробки проходять різної форми поперечного перерізу: прямокутного, трапецеподібного, куполоподібного (склепіння), аркового, круглого і рідко еліптичного.

Форму поперечного перерізу виробки вибирають залежно від напрямку і величини гірського тиску і типу кріплення, яке застосовується. Наприклад, дерев'яне кріплення потребує прямокутної або трапецеподібної форми поперечного перерізу, а бетонне кріплення - круглої або у вигляді склепіння.

Розміри поперечного перерізу гірничих виробок визначають, виходячи з умов розміщення обладнання, пристроїв, які б могли працювати без порушень правил безпеки.

На рис. 8.4 наведено приклад визначення розмірів відкатної виробки. При цьому мінімальні розміри: вільного проходу людей, зазори між відкатними посудинами і кріпленням, висота підвіски контактного проводу визначаються, виходячи з вимог «Правил безпеки».

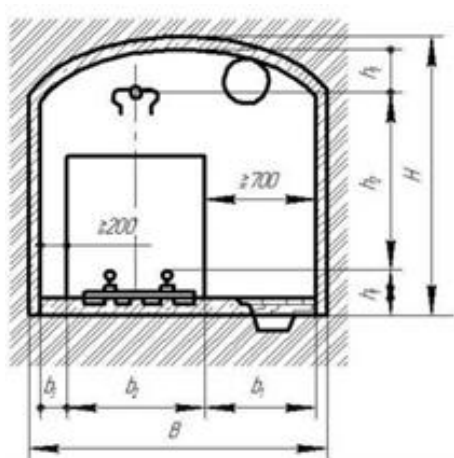


Рис. 8.4. Переріз відкатної виробки

Підземні гірничі виробки є невід'ємною складовою будь-якого гірничого підприємства, оскільки забезпечують доступ до родовища, транспортування гірської маси, вентиляцію, пересування людей і техніки, а також виконання допоміжних процесів. Кожен тип виробок має своє призначення, конструктивні особливості та форму поперечного перерізу, що визначаються умовами родовища й технологічними вимогами. Розуміння їх класифікації, функцій та особливостей будови є необхідною передумовою для грамотного проектування і безпечної експлуатації підземних гірничих об'єктів.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Коефіцієнт розпушення порід в ковші екскаватора і
наповнення ковша

Категорія порід	Щільність порід в цілику, γ , т/м ³	k_p	k_n
I	1,6	1,15	1,05
II	1,8	1,25	1,05
III	2,0	1,35	0,95
IV	2,5	1,50	0,90
V	3,5	1,60	0,90

Додаток 2

Технічні характеристики ЕКГ

Показники	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-6.3УС	ЭКГ-4У	ЭКГ-12,5	ЭКГ-6.3.У
1	2	3	4	5	6	7
Ємність ковша, м ³	5,2	8	6,3	4	12,5	6,3
Довжина стріли, м	-	-	-	-	-	-
Найбільший радіус черпання на горизонті установки екскаватора, $R_{\text{ч}}$, м	9,04	12,2	13,5	14,49	14,8	21,4
Радіус черпання, $R_{\text{ч, max}}$, м	14,5	18,4	19,8	23,7	22,5	35
Висота черпання, $H_{\text{ч, max}}$, м	10,3	13,5	17,1	22,2	15,1	30
Глибина копання, $H_{\text{к, max}}$, м	-	-	-	-	-	-
Радіус розвантаження $R_{\text{р, max}}$, м	12,3	16,3	17,9	22,1	19,9	33
Висота розвантаження $H_{\text{р, max}}$, м	0,7	8,6	12,5	17,5	10	25
Висота напірного вала, $H_{\text{нв}}$, м	8,6	8,6	8,6	8,6	8,4	8,4
Радіус розвантаження при $H_{\text{р, max}}$	11,8	15,6	16,5	18,6	19,5	26,5
Радіус повороту кузова $R_{\text{к}}$, м	5,25	7,78	7,78	7,78	10	10
Швидкість пересування, км/год	0,55	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43
Маса екскаватора, т	190	370	380	365	658	676
Паспортна тривалість робочого циклу $t_{\text{ц}}$, с, при куті повороту екскаватора на 90°.	23	26	28	30	28	35

Показники	Тип екскаватора							
	ЭКГ-10	ЭКГ-15	ЭКГ-20	ЭШ-10/70у	ЭШ-15/90	ЭШ-20/90	ЭШ-40/55	ЭШ-100/100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ємність ковша, м ³	10	15	20	10	15	20	40	100
Довжина стріли, м	-	-	-	70	90	90	85	100
Найбільший радіус черпання на горизонті установки екскаватора, $R_{\text{чп}}$, м	12,6	15,6	15,2	-	-	-	-	-
Радіус черпання, $R_{\text{ч, макс}}$, м	18,4	22,6	22,1	66,5	83	83	82	97
Висота черпання, $H_{\text{ч, макс}}$, м	13,5	16,4	17,9	-	-	-	-	-
Глибина копання, $H_{\text{к, макс}}$, м	-	-	-	35	42,5	42,5	40	47
Радіус розвантаження $R_{\text{розв}}$, м	16,3	20	20	66,5	83	83	82	97
Висота розвантаження $H_{\text{р, макс}}$, м	8,6	10	11,5	27,5	39,3	38,5	33	43
Висота напірного вала, $H_{\text{нв}}$, м	8,6	8,4	-	-	-	-	-	-
Радіус розвантаження при $H_{\text{р, макс}}$, м	15,4	19,5	18,2	-	-	-	-	-
Радіус повороту кузова $R_{\text{к}}$, м	7,7	10	9,6	15	18,5	19,7	27,5	27,8
Швидкість пересування, км/год	0,42	0,43	0,9	0,2	0,08	0,08	0,08	0,08
Маса екскаватора, т	395	672	1060	740	1695	1740	3200	10300
Паспортна тривалість робочого циклу $t_{\text{ци}}$, с, при куті повороту екскаватора на 90°.	26	28	28	52	60	60	60	60

Додаток 3

Технічна характеристика кар'єрних автосамоскидів

Показники	Марка автосамоскида				
	БелАЗ 7522	БелАЗ 7523	БелАЗ 7549	БелАЗ 7519	БелАЗ 7521
Вантажопідйомність q_a , т	30	42	80	110	180
Маса автосамоскида G_a , т	21,85	29,5	67,0	85,0	145
Геометрична ємність кузова V_a , м ³	15,0	21,0	35,0	44,0	70,0
Ємність кузова з "шапкою" $V_{\text{аш}}$, м	18,0	26,0	46,0	59,0	91,0
К.к.д. трансмісії η_m	0,70	0,70	0,78	0,77	0,77
Потужність двигуна N_d , т	310	368	809	955	1693

кВт					
Час маневрів при навантаженні, t_{mn} , хв.	0,50	0,59	0,64	0,70	0,87
Час маневрів при розвантаженні, t_{mp} , хв.	0,54	0,64	0,69	0,76	0,94
Час розвантаження, t_p , хв	0,67	0,78	1,00	1,17	1,51
Ширина проїзної частини автодороги при двосмуговому русі, T , м	10,5	11,5	14,5	16,0	19,0

Додаток 4

Середньотехнічні швидкості руху кар'єрних автосамоскидів v_{cp} , км/год.

Відстань транспортування, L , км	Висота підйому гірської маси, H_n , м												
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
1,0	22,7	21,1	18,4	16,0									
1,2	23,9	21,8	19,5	17,5	15,8								
1,4	24,1	22,0	20,0	18,3	16,7								
1,6	24,7	22,5	20,6	19,0	17,6	16,3							
1,8	25,3	23,3	21,5	19,9	18,6	17,4	16,2						
2,0	26,0	24,0	22,3	20,8	19,5	18,3	17,2						
2,2	26,7	24,8	23,1	21,7	20,4	19,2	18,1	17,2					
2,4	27,3	25,5	23,9	22,5	21,2	20,0	19,0	18,0	17,2				
2,6	27,9	26,2	24,6	23,2	22,0	20,8	19,8	18,9	17,9	17,2			
2,8	28,6	26,9	25,4	24,0	22,7	21,6	20,6	19,6	18,8	18,0			
3,0	29,2	27,5	26,1	24,7	23,5	22,4	21,3	20,4	19,5	18,7	18,0		
3,2	29,7	28,2	26,7	25,3	24,2	23,2	22,0	21,1	20,2	19,4	18,6		
3,4	30,4	28,8	27,4	26,1	24,9	23,7	22,7	21,8	20,9	20,1	19,2	18,2	

3,6	31,0	29,4	28,0	26,7	25,5	24,4	23,4	22,5	21,6	20,8	19,6	18,7	17,7
3,8	31,6	30,0	28,6	27,4	26,1	25,1	24,1	23,1	22,3	21,4	20,2	19,4	18,4
4,0	32,0	30,6	29,2	28,0	26,8	25,7	24,7	23,8	22,9	22,1	20,9	20,0	19,2

Додаток 5

Значення коефіцієнта технічної готовності автосамоскидів

Вантажопідйомність автосамоскида, т	Значення k_{mz} при добовому пробігу, L_0 ,						
	50	100	150	200	250	300	350
30÷42	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70
80	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72	0,69	0,64
110÷180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72	0,68	0,64

Додаток 6

Значення коефіцієнтів $k_{p.o.}$, $k_{зав}$ і висоти ярусу h_y

Гірські породи	h_y , м	Значення коефіцієнтів	
		$k_{p.o.}$	$k_{зав}$
Скельні	30-60	1,12-1,20	0,7
Напівскельні, змішані	20-40	1,05-1,12	0,8
Пухкі, глинисті	15-20	1,05-1,07	0,9

Додаток 6

Продуктивність бульдозерів

Тип бульдозерів	Змінна (за 8 год) продуктивність при дальності переміщення ґрунту до 10 м в породах, м ³ .		
	Пухкі гірських породи	Напівскельні гірські породи	Скельні гірські породи
Т- 100	1100	950	750
Т-140	1500	1300	1000
Т-180	1900	1650	1300
ДЭТ-250	2200	1850	1500

Список використаних літературних джерел

1. Маланчук З. Р., Боблях С. Р., Маланчук Є. З. Геотехнології гірництва : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 200 с.
2. Організація та планування гірничих робіт : навчальний посібник / Іськов С. С., Толкач О. М., Левицький В. Г., Шлапак В. О. Житомир : ЖДТУ, 2017
3. Транспортні системи гірничих підприємств : навч. посіб. / З. Р. Маланчук, В. Я. Корнієнко, В. С. Сорока, О. Ю. Васильчук. Рівне : НУВГП, 2018. 190 с.
4. Збірник задач з дисципліни «Основи теорії транспорту» : навч. посібник / М.Я. Біліченко, Є.А. Коровяка, П.А. Дьячков, В.О. Расцветаєв. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет. 151 с.
5. Технології відкритої розробки корисних копалин / З. Р. Маланчук, В. С. Гавриш, В. А. Стріха, І. М. Киричик. Рівне : Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), 2013. 285 с.
6. Кравець В. Г., Кириченко М. Т., Фролов О. О., Вапнічна В. В. Основи технології видобування корисних копалин : методичний посібник з дисципліни «Основи гірничого виробництва». К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2009. 100 с.
7. Основи нафтогазової інженерії / Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. ; Харків : НТУ «ХПІ», Харків-н. ун-т міського госп. ім. О. М. Бекетова ; Полтава : АСМІ, 2018. 415 с.
8. Фізико-хімічна геотехнологія : навч. посібник / М. М. Табаченко, О. Б. Владико, О. Є. Хоменко, Д. В. Мальцев. Д. : Національний гірничий університет, 2012. 310 с.