

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування
Кафедра відкритих гірничих робіт
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи магістра

Студента Булиги Дмитра Євгеновича
академічної групи 184М-23-7 III
спеціальності 184 Гірництво
за освітньо-професійною програмою «Відкрита розробка родовищ»

на тему «Підвищення ефективності видобувних робіт при розробці кар'єру
Полтавського ГЗК»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Ложніков О.В.			
Кар'єрний транспорт	Ширін Л.Н.			
Охорона праці	Чеберячко Ю.І.			

Рецензент	Кононенко М.М.			
-----------	----------------	--	--	--

Нормоконтролер	Анісімов О.О.			
----------------	---------------	--	--	--

Дніпро
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Відкритих гірничих робіт

_____ д.т.н., проф. Собко Б.Ю.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ**на кваліфікаційну роботу**

ступеня _____ магістра _____

Студенту _____ Булизі Дмитру Євгеновичу _____

академічної групи _____ 184М-23-7 III _____

спеціальності _____ 184 Гірництво _____

за освітньо-професійною програмою _____ «Відкрита розробка родовищ» _____

на тему «Підвищення ефективності видобувних робіт при розробці кар'єру
Полтавського ГЗК»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
1.	<i>Аналіз світових рішень у галузі розробки залізородних родовищ</i>	
2.	<i>Обґрунтування безпечних технологічних рішень з відпрацювання видобувних вибоїв кар'єру Полтавського ГЗК</i>	
3.	<i>Розрахунок параметрів кар'єрного транспорту в умовах відпрацювання кар'єру з розробки залізистих кварцитів</i>	
4.	<i>Основні положення з охорони праці при відпрацюванні видобувних уступів на залізородному кар'єрі</i>	
5.	<i>Обґрунтування техніко-економічних показників запропонованих рішень</i>	

Завдання видано _____
(підпис керівника)О.В. Ложніков
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 14.10.24 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)Д.Є. Булига
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження: технологічні схеми видобувних робіт в умовах відпрацювання кар'єру Полтавського ГЗК.

Предмет дослідження: параметри елементів системи розробки видобувних вибоїв при використанні сучасної виймально-навантажувальної техніки в умовах розробки залізорудного кар'єру Полтавського ГЗК.

Мета. Встановити вплив висоти видобувних уступів на вибір виймально-навантажувальної техніки при відпрацюванні залізорудного родовища.

Методика дослідження. При встановленні техніко-економічних показників роботи виймально-навантажувальної техніки в кар'єрі, використовувався аналітичний метод досліджень з визначення часу відпрацювання залізної руди заданого об'єму. Відповідні методи розрахунків актуальні для визначення необхідної кількості фронтальних навантажувачів або гідравлічних екскаваторів для виконання видобувних робіт в кар'єрі.

Результати дослідження. Встановлено ефективну висоту видобувних уступів, яка дозволяє підвищити продуктивність видобувного устаткування в залежності від його типу. Визначено взаємозв'язок між висотою уступу і продуктивністю фронтальних навантажувачів і гідравлічних екскаваторів при розробці залізної руди. Розроблено рекомендації щодо вибору типу виймально-навантажувального устаткування в залежності від висоти уступів, що розробляються.

Наукова новизна. Визначено залежність продуктивності виймально-навантажувальної техніки і собівартості розробки залізної руди від висоти видобувних уступів при застосування гідравлічних екскаваторів і фронтальних навантажувачів в умовах розробки кар'єру Полтавського ГЗК.

Практичне значення. Отримані результати можуть бути використанні при виборі виймально-навантажувальної техніки при розробці скельної гірничої маси на залізорудних кар'єрах.

Ключові слова: *гідравлічний екскаватор, фронтальний навантажувач, продуктивність устаткування, собівартість розробки, залізорудне родовище.*

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1. Основні принципи розробки залізорудних кар'єрів на прикладі Полтавського ГЗК	6
1.2. Характеристика корисних копалин гірничого підприємства	9
1.3. Аналіз технологічних рішень з розробки видобувних уступів залізорудних кар'єрів	12
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ВИДОБУВНИХ УСТУПАХ.....	15
2.1. Вихідні дані для проведення досліджень.....	15
2.2. Підготовка корисної копалини до видобування при висоті уступу 10-15 м	17
2.3. Встановлення впливу висоти видобувних уступів на продуктивність гідравлічних екскаваторів	24
2.4. Встановлення впливу висоти видобувних уступів на продуктивність колісних навантажувачів	26
2.5. Порівняння отриманих результатів і розробка рекомендацій	30
2.6. Організація гірничих робіт із виконанням прийнятих рішень.....	32
3. КАР'ЄРНИЙ ТРАНСПОРТ	35
3.1. Розрахунок параметрів роботи автосамоскидів при відпрацюванні уступів з використанням гідравлічних екскаваторів	35
3.2. Розрахунок параметрів роботи автосамоскидів при відпрацюванні уступів з використанням фронтального навантажувача.....	39
4. ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ.....	43
4.1. Загальні положення.....	43
4.2. Вплив технологічних рішень на охорону праці та техніку безпеки	45
4.3. Вимоги безпеки під час експлуатації екскаваторів.....	48
4.4. Вимоги безпеки під час експлуатації автосамоскидів	50
5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	52
5.1 Вихідні дані для визначення техніко-економічних показників розробки	52
5.2 Розрахунок фонду заробітної плати на штат працівників, які обслуговують видобувне устаткування	53
5.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	55
5.4. Розрахунок витрат на матеріали	58
5.5. Розрахунок загальних витрат на проведення видобувних робіт	61
ВИСНОВКИ	64
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	66

ВСТУП

Актуальність даної роботи полягає в обґрунтуванні ефективних параметрів елементів системи відкритої розробки при розробці видобувних уступів залізорудних кар'єрів.

В умовах розробці кар'єру Полтавського ГЗК при відпрацюванні видобувних уступів актуальною стає проблема вибору типів виймально-навантажувальної техніки. Для обґрунтування цих параметрів важливо враховувати висоту видобувних уступів, що суттєво впливає на організацію робіт в кар'єрі. Проблема полягає у тому, що збільшення висоти уступів має різний вплив на роботу виймально-навантажувального устаткування в залежності від його типу і конструкційних особливостей. Визначення цього впливу дозволить вчасно скорегувати вибір конкретної моделі гідравлічного екскаватора або фронтального навантажувача, або завчасно змінити висоту уступу для підвищення продуктивності видобувної машини.

В роботі розглянуто найбільш поширений діапазон висоти уступів, що застосовується на кар'єрі Полтавського ГЗК. Для цього в першу чергу розглянуто вплив висоти уступу на параметри буро-вибухових робіт, час робочого циклу екскаватора, кількість одиниць виймально-навантажувальної техніки при розробці однакового об'єму робіт. Отримані дані дозволили встановити собівартість розробки корисних копалин і рекомендувати ефективні виймально-навантажувальні засоби в залежності від висоти уступів.

1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Основні принципи розробки залізорудних кар'єрів на прикладі Полтавського ГЗК

Кар'єр, що експлуатується Полтавським ГЗК (рис. 1.1), розробляє запаси Горішньо-Плавнинського та Лавриківського родовищ залізистих кварцитів. За проектом 1982 року глибина розробки покладів приймається за затвердженими запасами: – 700 м – на південь від розвідувального профілю Х+100; – 500 м – між профілями Х+100 та XVII; – 300 м – на північ від профілю розвідки XVII ст.

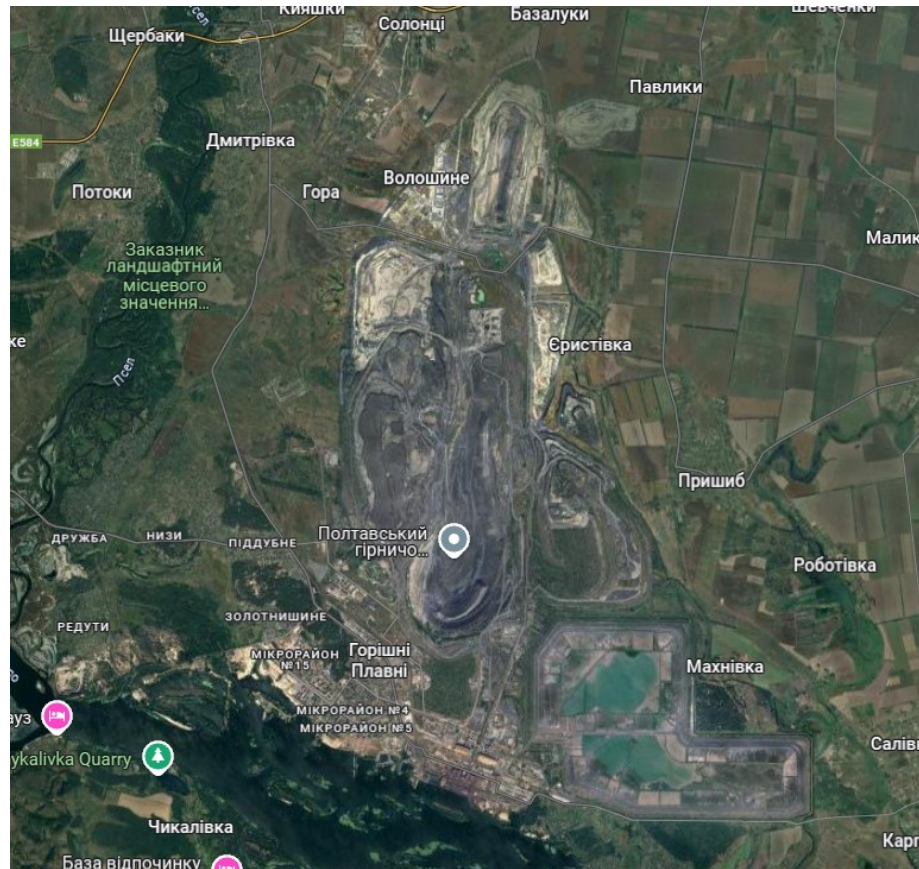


Рис. 1.1. Кар'єр Полтавського ГЗК

Видобуток корисних копалин та виймання розкривних порід на підприємстві здійснюється за допомогою автомобільного, конвеєрного та залізничного транспорту.

На кінець 2020 року обсяг основної руди пакету K_2^2 , який планується видобути, досяг 16,353 млн т. Загальний обсяг видобутку руди пачки $K_2^2 + K_2^3$ склав 16,674 млн т. Коефіцієнт маси розкриву на рівні $1,30 \text{ м}^3/\text{т}$ при обсязі розкриву $21,75 \text{ млн. м}^3$ на рік.

Відповідно до плану розробки гірничих робіт основними напрямками гірничих робіт є:

- продовження робіт з розширення робочої зони в південній частині кар'єру;

- продовження демонтажних робіт зі східної сторони в центральній частині кар'єру;

- продовження робіт, передбачених проектом «Приведення ділянки південно-східного борту до відповідного стану», розробленого на основі рекомендацій НДР «Геомеханічна оцінка стану ділянки південно-східного борту» кар'єру цеху рудоуправління Полтавського ГЗК».

Відповідно до визначених напрямків ведення гірничих робіт південно-східний борт кар'єру виведений у відповідне положення на горизонтах мінус 110 – мінус 140 м.

запаси руди K_2^3 включаються в розробку при розробці західного борту кар'єру на горизонтах мінус 190 - мінус 210 м в маркшейдерських осях 10-20.

Діючий проект передбачає технологію та механізацію виробничих процесів з відповідними змінами, зумовленими реконструкцією гірничо-транспортної схеми кар'єру та заміною застарілого та фізично зношеного обладнання, а також придбанням нового обладнання.

Руди та розкриті породи родовища відносяться до міцних порід, які при розробці попередньо розпушуються вибуховим методом згідно з «Типовим проектом ведення буровибухових робіт на кар'єрі ПрАТ «Полтавський ГЗК». Буріння вибухових свердловин. передбачається здійснювати машинами PV275HP.

Виймово-навантажувальні роботи в вибоях і складах виконуються екскаваторами CAT 6060, EX 5600E-6, EX 3600-6, EX 3600E-6, PC4000E-6, PC 3000, EKG-10, RS 1250SP-8 (табл. 2.1).

На перевантажувальних пунктах кар'єру використовуються екскаватори ЕКГ-10. Також для допоміжних вантажно-розвантажувальних робіт використовуються навантажувачі WA900-3, WA800-3, WA600-6, CAT988F-II.

Гірничу масу від кар'єрів до перевантажувальних пунктів і автовідвалів доставляють CAT 793D (220т), EH3500ACII (185т), CAT 789C (177т), CAT 785C (136т), CAT 777D (90,5т), HD 785-5 (90,5т).).

На перевантажувальних пунктах і складах гірнича маса перевантажується екскаваторами і автонавантажувачами в залізничний транспорт для транспортування на полігони, відвали або внутрішні потреби.

Таблиця 2.1. – Основні технічні характеристики виймально-розвантажувального обладнання, яке використовується в кар'єрі

не м ас	Найменування обладнання	Марка	Кількість одиниць	Ємність ковша, м ³	Найбільша висота черпання, м	Найбільша висота розвантаження, м	Найбільший радіус черпання, м
1	Гідравлічний екскаватор	Komatsu PC 1250-8	1	6,5	12,33	8,7	11,4
2		Komatsu PC 3000-6	3	16,0	15,1	10,2	13,3
3		Komatsu PC 4000E-6	1	22,0	17,4	12,0	15,1
4		Hitachi EX 5600E-6 LD	2	29,0	19,2	13,1	17,0
5		Hitachi EX 3600-6	5	23,0	10,99	16,64	15,55
6		CAT 6060 AC FS	1	34	15,5	11,6	16,4
7	Повне обладнання		13	Середньозважена максимальна висота ковша		14,14	

Для залізничних перевезень використовуються тягові агрегати ОПЕ-1АМ і тепловози ТЕМ-7, а також самоскиди 2ВС-105.

При розробці кар'єру Полтавського ГЗК використовуються наступні параметри елементів відкритих систем розробки (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. – Параметри елементів уступів і бортів кар'єру

Тип порід	Висота уступу, ділянки борту, м	Ширина запобіжним берм	Західний борт кар'єру		Східний борт кар'єру	
			Інтервали горизонтів, м	Кут укосу уступу, град.	Інтервали горизонтів, м	Кут укосу уступу, град.
Наноси	12	15	+66 ÷ +30	35	+66 ÷ ±0	35
Скельні вивітрілі	15·2	12	+30 ÷ ±0	45	±0 ÷ -30	45
Скельні	12·4	12	±0 ÷ -210	51	-30 ÷ -210	51
Скельні	10·4	12	-210 ÷ -635	51	-210 ÷ -635	51

Ширина робочих майданчиків для (ЕКГ-8И, ЕКГ-10, РС-3000 і Hitachi EX-3600) на м'яких породах становить 39 м, на скелястих породах - 33 м. Для створення нормативних готових до видобутку запасів корисних копалин ширину робочих майданчиків у зонах активного просування кар'єрів збільшують до 60 м.

1.2. Характеристика корисних копалин гірничого підприємства

ПрАТ «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат» введено в експлуатацію в 1970 році. Підприємство має повний технологічний цикл від видобутку залізної руди до виробництва залізорудних окатишів – готової сировини для металургійних комбінатів. Сьогодні ПрАТ «Полтавський ГЗК» входить до числа найбільших у світі виробників залізорудних окатишів і є одним із провідних підприємств гірничо-металургійного комплексу України.

Усі окатиші, які виготовляються на Полтавському ГЗК, розраховані на експорт до країн ЄС, Китаю та Японії. На заводі впроваджено міжнародних стандартів ISO 9001; ОНСАС 18001; Система менеджменту ISO 14001: - якість, охорона праці, екологічний менеджмент. Відповідно до кожного з них, впроваджено відповідні механізми та він успішно працює відповідно до вимог законодавства.

Сировинною базою Полтавського ГЗК є Горішньо-Плавнинське та Лавриківське родовища залізистих кварцитів, а також перспективні кар'єри Єристівського та Біланівського ГЗК.

Балансові запаси обох родовищ за категоріями (А + В + С1) на 01.01.2021 становлять 1 222,629 млн. т, з вмістом заліза загального – 32,97%, магнетиту – 25,10%. Проекти будівництва та реконструкції комбінату велися за кількома пріоритетними напрямками.

Перша черга заводу виробничою потужністю 15 млн т. сирої залізної руди та видобуток 7,35 млн. тонн. т. концентрату працює з 1970 р. За проектом розширення і реконструкції заводу з 1979 р. введено потужності: з виробництва 34 млн. т. рудної сировини, в т.ч. 10 млн т. (30%) бідних руд партії K_2^3 виробництва концентрату 14,06 млн.грн. т. при вологості 12% і 25 млн. м³.

У Горішньо-Плавнинському та Лавриківському родовищах корисні копалини представлені залізистими кварцитами двох типів – магнетитовими та кумінгтоніт-магнетитовими. Магнетитові кварцити приурочені виключно до надр K_2^2 , кумінгтоніт-магнетитові - до надр K_2^3 . Варто зазначити, що кумінгтоніт-магнетитові кварцити найбільш поширені в пачці K_2^3 і рідше в пачках $K_2^3_1$ і $K_2^3_2$.

В результаті дорозвідки та попереднього дослідження збагачення бідних руд пачок K_2^3 виділено чотири різновиди руд, які відрізняються один від одного за речовинним складом, текстурно-структурними особливостями та збагаченістю. У переробку залучаються руди перших трьох сортів.

I сорт - кумінгтоніт-магнетитові кварцити середньо-грубосмугасті . Вміст заліза загального 26,9%, магнетитового заліза - 18,5%, заліза в концентраті - 61,8%. Вони становлять 10,6 % від загального запасу пачки K_2^3 .

II сорт - переважно грубосмугасті кумінгтоніт -магнетитові кварцити. Вміст заліза загального - 27,2%, магнетиту - 18,3%, частка заліза в концентраті - 57,3%. Вони складають 44,7 % від загального запасу пачки K_2^3 .

III сорт - залізисті кварцити середньо-грубосмугасті з менш вираженою смугастістю. Вміст заліза загального - 26,7%, магнетиту - 17,7%, вміст заліза в концентраті - 52,6%. Вони складають 44,7 % від загального запасу пачки K_2^3 .

Розрахунок показників для деяких горизонтів кар'єру, представлений в Таблиця 1.1.

Таблиця 1.1.

Якісні показники руди Полтавського ГЗК.

Горизонт	Руда магнетитова K_2^2				Руда кумінгтоніт-магнетитова K_2^3			
	Кіль-сть, тис .т	Фезаг. %	Фемагн. %	Феконц. %	Кіль-сть, тис .т	Фезаг. %	Фемагн. %	Феконц. %
-60	263,00	32,26	26,33	63,14	83	26,83	16,51	58,78
-140	88,00	34,36	27,55	64,25	165	27,75	17,93	60,38
-190	350,00	34,35	27,00	64,97				
-240				64,37	1072	27,73	17,38	61,28
-290	525,00	34,35	27,01	65,03	495	27,87	17,42	61,35
-340	703,00	34,48	27,67	64,67				

Останній перерахунок запасів залізистих кварцитів Горішньо-Плавнинського та Лавриківського родовищ проводився у 2013 р. (Академія

гірничих наук України, м. Кривий Ріг). Зазначений перерахунок запасів супроводжувався обґрунтуванням списання з балансу ПрАТ «Полтавський ГЗК» позабалансових запасів установки K_2^3 з вмістом магнетитового заліза понад 14 % та установки K_2^3 з залізистим магнетитом 10-14%.

Розкривні породи на родовищі представлені амфіболітами і гранітами, що зареєстровано в протоколі Державної комісії з питань ресурсів України № 3041 від 21.11.2013.

У таблиці 1.2 наведено запаси залізистих кварцитів Горішньо-Плавнинського та Лавриківського родовищ станом на 01.01.2016р., які знаходяться на балансі ПрАТ «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат» (Таблиця 1.2).

Запаси залізистих кварцитів на 01.01.2016 р

Категорія запасів	Горішньо-Плавнинське родовище, тис. т			Лавриківське родовище, тис. т			Горішньо-Плавнинське і Лавриківське, тис. т		
	$K_2^2+K_2^3$	K_2^3	Всього	$K_2^2+K_2^3$	K_2^3	Всього	$K_2^2+K_2^3$	K_2^3	Всього
В	40193	107117	147310	66596	10922	77518	106789	118039	224828
А+В	40193	107117	147310	66596	10922	77518	106789	118039	224828
C_1	629004	214466	843470	121608	52723	174331	750612	267189	1017801
А+В+ C_1	669197	321583	990780	188204	63645	251849	857401	385228	1242629
C_2	6042		6042	8186		8186	14228		14228

1.3. Аналіз технологічних рішень з розробки видобувних уступів залізородних кар'єрів

Уступ є одним з основних елементів системи розробки. Його висота обумовлює ефективність і безпеку гірничих робіт і впливає на якісні та кількісні показники видобутку корисних копалин.

З практики проектування, будівництва та експлуатації кар'єрів [1, 2] завжди доводиться визначати висоту уступів відповідно до конкретних гірничо-геологічних умов, гірничотехнічних можливостей. Це сприятиме підвищенню ефективності використання виймально-навантажувального устаткування.

В загальному підході до проектування відкритої розробки родовищ, від правильного вибору параметрів елементів системи розробки залежить вирішення значної кількості завдань. Тому визначення оптимальної величини висоти уступу [2, 4] дозволяє зменшити необхідну кількість машин гірничотранспортного комплексу в кар'єрі.

На вибір висоти уступу впливають багато чинників [5, 6]: однорідність товщі гірських порід, що складають уступ, та їх фізико-механічні властивості; потрібна продуктивність кар'єру та темпи відпрацювання родовища, безпека ведення гірничих робіт та ін. При цьому одним з основних факторів є параметри гірничотранспортного обладнання, що застосовується.

Із загальної практики [7, 8] відомо, що при збільшенні висоти уступу зменшується їх кількість у кар'єрі, скорочується довжина шляхів, знижується вартість їх будівництва та утримання, з'являється можливість застосування більшого та високопродуктивного обладнання, зменшується кількість берм, скорочується обсяг розтину в кар'єрі. Усе це дає значні економічні переваги. Однак поряд з цим збільшується ймовірність виникнення обвалів та зсувів уступів, підвищується витрата на вторинне дроблення негабаритів та ін. Також необхідно враховувати негативний вплив висоти уступів на зменшення терміну технічної експлуатації деяких типів виймально-навантажувального устаткування.

З урахуванням вищевикладеного, в роботі пропонується обрати за критерій для вибору раціональної висоти уступу собівартість розробки видобувних уступів в умовах кар'єру Полтавського ГЗК.

Під час проведення досліджень пропонується розглянути ефективність роботи гідравлічних екскаваторів і фронтальних навантажувачів при їх експлуатації в умовах відпрацювання уступів висотою 10, 12 і 15 м.

Для вирішення поставлених у роботі завдань використовуються наступні методи наукового дослідження:

- Аналіз та систематизація - для первинної оцінки необхідної інформації про вплив висоти уступів на продуктивність виймально-навантажувального устаткування.
- Аналітичний – встановити ефективну висоту уступу при застосуванні різних видів виймально-навантажувального устаткування.
- Графоаналітичний - визначення геометричних параметрів уступів.
- Техніко-економічний аналіз - при порівнянні варіантів технологічних схем відпрацювання видобувних уступів.

Для досягнення поставленої в роботі мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати досвід визначення впливу висоти уступів на продуктивність гідравлічних екскаваторів і фронтальних навантажувачів.
2. Встановити безпечні параметри видобувних уступів.
3. Провести техніко-економічну оцінку розглянутих технологічних рішень і розробити рекомендації щодо їх практичної реалізації.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ВИДОБУВНИХ УСТУПАХ

2.1. Вихідні дані для проведення досліджень

Кар'єр ПрАТ «Полтавський ГЗК» розробляє Горішньо-Плавнинське та Лавриківське родовища залізистих кварцитів. Роботи проводяться згідно з проектом 04-69-П «Реконструкція кар'єру Дніпровського рудоуправління у зв'язку зі збільшенням видобутку залізної сировини до 32 млн т на рік».

Сировинною базою підприємства є 5 родовищ залізної руди (Горішньоплавнинське, Лавриківське, Ерістівське, Біланівське та Кременчуцьке) із загальними запасами 4,5 млрд тонн. із середнім вмістом заліза 27,4-58,5%. Зараз розробляються два кар'єри трьох родовищ. У свою чергу, будується Біланівський кар'єр.

Річні гірничі роботи на кар'єрі становлять 24,0 млн. тонн на рік і складають майже третину робіт з гірничої маси, тому вартісні показники розробки та експлуатації виїмково-навантажувального обладнання в кар'єрі будуть залежати від ефективності організація та вдосконалення технологічних рішень.

Глибина розробки родовища кар'єром прийнята відповідно до затверджених запасів (протокол ДКЗ № 7599 від 27.02.76 та 24.03.76, протокол ЦК № 195 від 16.03.1983 р., протокол ЦК № 333 від 28 лютого 1990 р.):

- 700 м - на південь від розвідувального профілю X + 100;
- 500 м - між профілями X + 100 і XVII;
- 240 м - на північ від розвідувального профілю XVII ст.

Подальша розробка північної ділянки (на північ від профілю XVII) можлива за економічно вигідних умов підземним способом до глибини 400 м.

Сьогодні глибина котловану перевищує 400 м, довжина – 6 км, ширина в південній частині – 2 км.

За проектом висота уступів на м'яких розкритих порід (наносів) становить 12 м, для скельної порід і корисної копалини до гор. -30 м - 15 і 10 м, нижче гор. -30 м до гор. -210 м - 12 і 10 м, під горою -210 м - 10 м.

При розміщенні ділянок бортів на тимчасово неробочому контурі і виведенні їх на проектний контур висоту уступів вибирають за параметрами в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Параметри елементів бортів кар'єру

Тип порід	Висота уступу, м	Ширина запобіжної берми, м	Інтервали горизонтів	Кут укосу уступів, °	
				Східний і західний борти кар'єру	Південний борт кар'єру
Дільниці робочих бортів					
Наноси	12	Відповідає ширині робочих майданчиків для відповідного гірничого і транспортног о устаткування	+66 ÷ +30	35	35
Скельні, вивітрені	15 10		+30 ÷ -30	45	45
Скельні	12 10		-30 ÷ -210	45	45
Скельні	10		-210 ÷ -635	45	45
Ділянки бортів у тимчасово неробочому (проміжному) і кінцевому (проектному) положенні					
Наноси	12	15	+66 ÷ +30	35	35
Скельні, вивітрені	15	12	+30 ÷ -30	45	45
	20				
	30				
Скельні	24	12	-30 ÷ -210	61	51 ÷ 43
	20				
	30				
Скельні	20	12	-210 ÷ -635	57	45 ÷ 43
	30			–	45 ÷ 43
	30			66	–

При цьому висота свердловини не перевищує 1,5 максимальної висоти копання екскаватором при розробці верхнього шару на породах, зруйнованих вибухом, і максимальної висоти копання при розробці наступних пластів.

Відстані між суміжними запобіжними бермами під час погашення уступів і виведення їх у тимчасово неробоче та граничне положення визначаються проектом відповідно до вимог Правил охорони праці при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом.

Ширина транспортних берм приймається:

- для автомобільного транспорту - 29,8 ÷ 37,5 м;
- залізничним транспортом в одну сторону - 15 м.

З урахуванням прийнятих кутів укосів уступів і наявності запобіжних і транспортних берм кути нахилу постійних бортів котловану становлять:

- для боку лежачи - 33 ° ÷ 36 °;
- для висячої сторони - 34 ° ÷ 38 °.

Розкриття верхніх горизонтів проводилось внутрішніми автомобільними траншеями, а нижніх горизонтів кар'єру – тимчасовими автомобільними спусками.

Подальше розширення та поглиблення кар'єру передбачається за рахунок будівництва додаткових траншей для з'їзду вагонів, без поглиблення існуючих залізничних в'їздів.

2.2. Підготовка корисної копалини до видобування при висоті уступу 10-15 м

Для розрахунку продуктивності виймально-навантажувального устаткування необхідно визначити параметри розвалу при висоті уступу в діапазоні 10-15 м, а також параметри свердловинних зарядів, діаметрів

свердловини та типу ВР, параметри блоку, обсяг негабариту та витрата ВР при обробці його.

Схема визначення параметрів робочого майданчика за корисною копалиною представлена рис. 2.1.

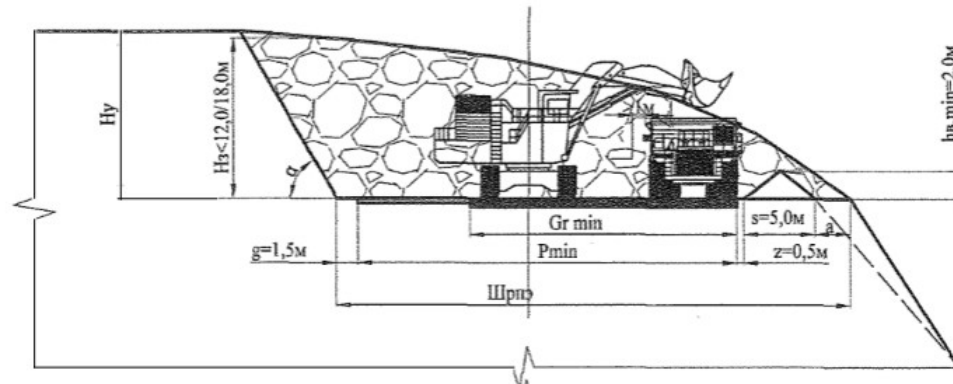


Рисунок 2.1 – Схема робочого майданчика екскаватора ЕХ 3600-5

Визначаємо необхідні параметри розвалу, що виймається за дві заходки.

Ширина екскаваторної заходки:

$$A_{зах} = 1,7 * R_{ч.у.}, \text{ м}, \quad (2.1)$$

де $R_{ч.у.}$ - радіус черпання екскаватора на рівні установки, м;

$$A_{зах} = 1,7 * 18 = 30, \text{ м}.$$

Необхідна ширина розвалу:

$$B_p = A_{зах} * n_{зах}, \text{ м}, \quad (2.2)$$

де $n_{зах}$ - кількість заходок екскаватора в одному розвалі:

$$B_p = 30 * 2 = 60, \text{ м}.$$

Очікувана висота розвалу для різної висоти уступу:

$$h_p^i \approx (1,2 - 1,25) H_y, \text{ м}, \quad (2.3)$$

$$h_p^{10} \approx (1,2 - 1,25) * 10 = 12 - 12,5, \text{ м},$$

$$h_p^{12} \approx (1,2 - 1,25) * 12 = 14,4 - 15, \text{ м},$$

$$h_p^{15} \approx (1,2 - 1,25) * 15 = 18 - 19, \text{ м}.$$

Схема визначення параметрів бурової площадки представлена рис.

2.2.

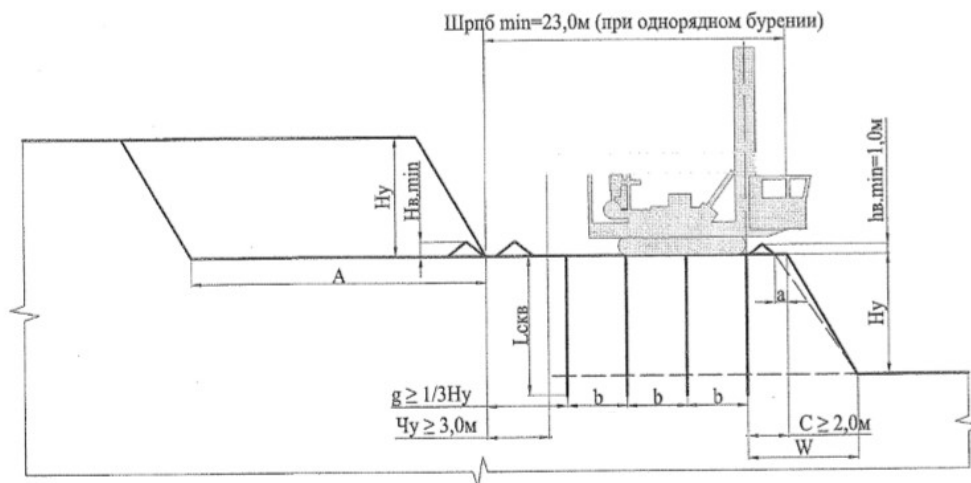


Рисунок 2.2 – Схема майданчика при застосуванні бурового верстата PV-275

Визначаємо параметри свердловинного заряду, вибір діаметра свердловини та типу ВР.

Для дроблення скельної гірничої маси у кар'єрі Полтавського ГЗК приймаємо ВВ – Полімікс, діаметр свердловини 249 мм.

Розмір кондиційного шматка по місткості ковша екскаватора:

$$d_k = 0.75 \cdot \sqrt[3]{E} = 0.75 \cdot \sqrt[3]{15} = 1.85, \text{ м.} \quad (2.4)$$

Розрахункова витрата ВР Полімікс – $q=1,1 \text{ кг/м}^3$ (за даними Полтавського ГЗК).

Місткість 1м свердловини:

$$p = 7,85 \cdot d^2 \cdot \Delta = 7,85 \cdot 2,5^2 \cdot 1,2 = 59, \text{ кг/м,} \quad (2.5)$$

Лінія опору по підшві:

$$W = 0,9 \sqrt{\frac{p}{q}} = 0,9 \sqrt{\frac{59}{1,1}} = 6,5, \text{ м,} \quad (2.6)$$

Лінія опору по підшві за умовами безпеки при бурінні 1-го ряду свердловин:

$$W_{\sigma}^i = H_y^i \cdot ctg\alpha + c, \text{ м}, \quad (2.7)$$

$$W_{\sigma}^{10} = 10 \cdot ctg80 + 3 = 4,8, \text{ м},$$

$$W_{\sigma}^{12} = 12 \cdot ctg80 + 3 = 5,1, \text{ м},$$

$$W_{\sigma}^{15} = 15 \cdot ctg80 + 3 = 5,7, \text{ м}.$$

Умова $W \geq W_{\sigma}$ виконується. Приймаємо розрахункову $W_p = 6,5$ м.

Відстань між свердловинами в ряду визначаємо виходячи з принципу пропорційності заряду об'єму породи, що вибухає:

$$a = 0,8 \cdot \frac{p}{qW_p} = 0,8 \frac{59}{1,1 \cdot 6,5} = 6,5, \text{ м}. \quad (2.8)$$

Відстань між рядами свердловин:

$$b = W_p = 6,5, \text{ м}. \quad (2.9)$$

Глибина перебуру при висоті уступу 10-15 м.

$$h_n^i = 0,2 \cdot H_y^i, \text{ м}, \quad (2.10)$$

$$h_n^{10} = 0,2 \cdot 10 = 2, \text{ м},$$

$$h_n^{12} = 0,2 \cdot 12 = 2,4, \text{ м},$$

$$h_n^{15} = 0,2 \cdot 15 = 3, \text{ м},$$

Глибина свердловин при цьому відповідатиме:

$$h_{скв}^i = H_y^i + h_n^i, \text{ м}, \quad (2.11)$$

$$h_{скв}^{10} = 10 + 2 = 12, \text{ м},$$

$$h_{скв}^{12} = 12 + 2,4 = 14,4, \text{ м},$$

$$h_{скв}^{15} = 15 + 3 = 18, \text{ м},$$

Маса заряду в свердловині:

$$Q_3^i = q \cdot H_y \cdot W_p \cdot a, \text{ кг}, \quad (2.12)$$

$$Q_3^{10} = 1,1 \cdot 10 \cdot 6,5 \cdot 6,5 = 464,7, \text{ кг},$$

$$Q_3^{12} = 1,1 \cdot 12 \cdot 6,5 \cdot 6,5 = 557,7, \text{ кг},$$

$$Q_3^{15} = 1,1 \cdot 15 \cdot 6,5 \cdot 6,5 = 697,1, \text{ кг.}$$

Довжина заряду в свердловині:

$$l_{зар}^i = \frac{Q_3^i}{p}, \text{ м,} \quad (2.13)$$

$$l_{зар}^{10} = \frac{464,75}{59} \approx 8, \text{ м,}$$

$$l_{зар}^{12} = \frac{557,7}{59} \approx 9,4, \text{ м,}$$

$$l_{зар}^{15} = \frac{697}{59} \approx 12,0, \text{ м.}$$

Довжина набійки свердловини:

$$l_{заб}^i = l_{скв}^i - l_{зар}^i, \text{ м,} \quad (2.14)$$

$$l_{заб}^{10} = 12 - 8 = 4, \text{ м,}$$

$$l_{заб}^{12} = 14,4 - 9,4 = 5, \text{ м,}$$

$$l_{заб}^{15} = 18 - 12 = 6, \text{ м.}$$

Визначаємо параметри блоку та розвалу породи.

Ширина розвалу від 1-го ряду свердловин:

$$B_{p1}^i = k_e \cdot k_{кз} \cdot \sqrt{q} \cdot H_y^i, \text{ м,} \quad (2.15)$$

де k_e – коефіцієнт вибуховості породи; $k_{кз}$ – коефіцієнт дальності відкидання породи.

Визначаємо цей показник для висоти уступів 10, 12, 15 м окремо:

$$B_{p1}^{10} = 3 \cdot 0,9 \sqrt{1,1} \cdot 10 = 28, \text{ м,}$$

$$B_{p1}^{12} = 3 \cdot 0,9 \sqrt{1,1} \cdot 12 = 34, \text{ м,}$$

$$B_{p1}^{15} = 3 \cdot 0,9 \sqrt{1,1} \cdot 15 = 42, \text{ м.}$$

Ширина вибухового блоку:

$$Ш_б^i = B_p - B_{p1}^i + W_p, \text{ м,} \quad (2.16)$$

$$Ш_б^{10} = 60 - 28 + 6,5 = 38,5, \text{ м,}$$

$$Ш_б^{12} = 60 - 34 + 6,5 = 32,5, \text{ м,}$$

$$Ш_{\sigma}^{15} = 60 - 42 + 6,5 = 24,5, \text{ м.}$$

Розрахункова кількість рядів у блоці:

$$n_p^i = \frac{Ш_{\sigma}^i}{W_p}, \text{ рядів,} \quad (2.17)$$

$$n_p^{10} = \frac{38,5}{6,5} = 6, \text{ рядів,}$$

$$n_p^{12} = \frac{32,5}{6,5} = 5, \text{ рядів,}$$

$$n_p^{15} = \frac{24,5}{6,5} = 4, \text{ рядів.}$$

Фактична ширина блоку, що вибухає:

$$Ш_{\sigma.ф.}^i = n_p^i \cdot W_p, \text{ м,} \quad (2.18)$$

$$Ш_{\sigma.ф.}^{10} = 6 \cdot 6,5 = 39, \text{ м,}$$

$$Ш_{\sigma.ф.}^{12} = 5 \cdot 6,5 = 32,5, \text{ м,}$$

$$Ш_{\sigma.ф.}^{15} = 4 \cdot 6,5 = 26, \text{ м.}$$

Для того, щоб встановити схему з найнижчою собівартістю видобутку, при виконанні досліджень необхідно обрати однаковий об'єм буро-вибухового блоку для трьох різних висот уступу.

Об'єм вибухового блоку розраховується за формулою:

$$V_{\sigma}^i = L_{\sigma} \cdot Ш_{\sigma.ф.}^i \cdot H_y^i, \text{ м}^3, \quad (2.19)$$

$$V_{\sigma}^{10} = 200 \cdot 39 \cdot 10 = 78000, \text{ м}^3,$$

$$V_{\sigma}^{12} = 200 \cdot 32,5 \cdot 12 = 78000, \text{ м}^3,$$

$$V_{\sigma}^{15} = 200 \cdot 26 \cdot 15 = 78000, \text{ м}^3.$$

Сумарна довжина свердловин у блоці:

$$\sum l_{скв}^i = \frac{L_{\sigma}}{a} \cdot n_p^i \cdot l_{скв}^i = 2215, \text{ м,} \quad (2.20)$$

Оскільки об'єм вибухових блоків і сумарна довжина свердловин в них рівна, вихід підірваної гірської маси з 1 м свердловини буде однаковий на всіх трьох уступах:

$$q_{з.м.}^{10,12,15} = \frac{V_{\sigma}^{10,12,15}}{\sum l_{скв}^{10,12,15}} = \frac{78000}{2215} = 35,2, \text{ м}^3/\text{пог.м.св}, \quad (2.21)$$

З урахуванням густини залізної руди вихід підірваної гірської маси з 1 м свердловини складає 116 т/пог.м.св.

Кількість ВР на вибух блоку:

$$Q_{\sigma.ф.}^i = Q_3^i \cdot L_{\sigma} / a \cdot n_p^i = 85,8, \text{ т}, \quad (2.22)$$

Продуктивність бурового верстата визначається за виразом:

$$Q_{см}^{\sigma.і.} = \frac{60 \cdot T_{см} \cdot l_{скв}^i \cdot \eta_{\sigma.см.}}{(t_{\sigma.1скв} + t_n)}, \text{ пог.м/зміну}, \quad (2.23)$$

де $T_{см}$ – тривалість зміни, година; $l_{скв}^i$ - довжина свердловин на при різній висоті уступів, м; $\eta_{\sigma.см.}$ - коефіцієнт використання бурового верстата протягом часу зміни; $t_{\sigma.1скв}$ - час буріння однієї свердловини, з урахуванням нарощування та розбирання штанг, хв; t_n - час переїзду верстата від однієї свердловини до іншої, хв.

Розрахуємо продуктивність бурового верстата PV-275 відповідно до встановлених параметрів і висоти уступу 10, 12, 15 м:

$$Q_{см}^{\sigma.10.} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 12 \cdot 0,75}{(46 + 4,5)} = 128,3, \text{ пог.м/зміну},$$

$$Q_{см}^{\sigma.12.} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 14,4 \cdot 0,75}{(62 + 4,5)} = 117, \text{ пог.м/зміну},$$

$$Q_{см}^{\sigma.15.} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 18 \cdot 0,75}{(82 + 4,5)} = 112,4, \text{ пог.м/зміну}.$$

Кількість змін на обурення блоку при застосуванні уступів висотою 10-15 складе, відповідно:

$$n_{\sigma}^i = \frac{\sum l_{скв}^i}{Q_{см}^{\sigma.і.}}, \text{ змін}, \quad (2.24)$$

$$n_{\sigma}^{10} = \frac{2215}{128,3} = 17,5, \text{ змін,}$$

$$n_{\sigma}^{12} = \frac{2215}{117} = 19, \text{ змін,}$$

$$n_{\sigma}^{15} = \frac{2215}{112,4} = 20, \text{ змін.}$$

Відповідно до встановлених результатів, продуктивність бурових верстатів PV-275 буде максимальною при висоті вибою 10 м і сягатиме 112,4 пог.м/год, у той час як збільшення висоти на 50% до 15 м призведе до зменшення продуктивності верстату на 14,2 % до 128,3 пог.м/год. Тобто в умовах практичного вибору висоти уступів за критерієм ефективності роботи бурових верстатів, перевага буде надаватися тим, що дозволяють підвищувати продуктивність виймально-навантажувальної техніки.

Встановлені параметри буро-вибухових робіт необхідні для проведення подальших досліджень з визначення техніко-економічних показників застосування гідравлічних екскаваторів і навантажувачів при розробці видобувних уступів в умовах відпрацювання залізородного кар'єру.

2.3. Встановлення впливу висоти видобувних уступів на продуктивність гідравлічних екскаваторів

Попередні розрахунки дозволили встановити, що за показником ефективності роботи бурових верстатів перевага буде надаватися уступам висотою 10 м, однак це твердження може бути некоректним при виборі виймально-навантажувальної техніки.

Для визначення ефективної висоти уступів при виборі виймально-навантажувального устаткування, розглянемо техніко-економічні параметри роботи екскаватор EX-3600-5, що використовується на кар'єрі Полтавського ГЗК (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Робота екскаватора EX-3600-5 на видобувних роботах

При виконанні досліджень у кваліфікаційній роботі розглядається вплив висоти уступу в діапазоні 10-15 м на продуктивність гідравлічного екскаватора EX -3600-5. При аналізі показників роботи екскаватора в реальних умовах на кар'єрі, попередньо було встановлено, що збільшення висоти уступу екскаватора з 10 до 15 м призведе до зміни часу робочого циклу з 40 до 47 с.

З урахуванням зазначених показників, змінна продуктивність зазначеного екскаватора при висоті уступу 10, 12 і 15 м визначається за наступною послідовністю:

$$Q_{см}^{э.10.} = \frac{3600 * 19 * 0.9 * 0.6}{40 * 1.5} * 12 = 7426, \text{ м}^3/\text{зміну},$$

$$Q_{см}^{э.12.} = \frac{3600 * 19 * 0.9 * 0.6}{43 * 1.5} * 12 = 6907, \text{ м}^3/\text{зміну},$$

$$Q_{см}^{э.15.} = \frac{3600 * 19 * 0.9 * 0.6}{47 * 1.5} * 12 = 6320, \text{ м}^3/\text{зміну},$$

Встановимо час відпрацювання блоку об'ємом 0,5 млн м³ при застосуванні уступів різної висоти:

$$n_{\text{отр.бл.}}^i = \frac{V_{\text{б}}}{Q_{\text{см}}^{\text{э.і}}}, \text{ змін,} \quad (2.25)$$

$$n_{\text{отр.бл.}}^{10} = \frac{500\,000}{7426} = 67, \text{ змін,}$$

$$n_{\text{отр.бл.}}^{12} = \frac{500\,000}{6907} = 72, \text{ змін,}$$

$$n_{\text{отр.бл.}}^{15} = \frac{500\,000}{6320} = 79, \text{ змін.}$$

В результаті встановлених результатів розрахунків визначено, що екскаватор ЕХ 3600-5, працюючи в 12-годинну зміну, здатний вийняти і завантажити залізну руду з вибою в автосамоскид в об'ємом 6320 - 7426 м³. Виходячи з отриманої продуктивності виймально-навантажувального устаткування переходимо до визначення необхідної кількості транспортних засобів, які забезпечать безперебійну роботу гідравлічного екскаватора. Розрахунок параметрів роботи кар'єрного транспорту наведено у наступному розділі з урахуванням змінної продуктивності екскаватору при розробці видобувних уступів.

2.4. Встановлення впливу висоти видобувних уступів на продуктивність колісних навантажувачів

Згідно з гірничо-геологічними параметрами розробки кар'єру Полтавського ГЗК, запропонована технологічна схема розробки видобувних уступів з використанням колісних навантажувачів САТ-994Н із завантаженням руди в автосамоскиди. Розробка уступів виконується з нижнім черпанням і верхнім навантаженням.

Для встановлення впливу висоти рудного уступу на продуктивність одноковшевого навантажувача при відпрацюванні заданого обсягу гірничої маси необхідно визначити час робочого циклу при відпрацюванні вибою. При виконанні досліджень прийнята висота уступів: 10 м; 12 м; 15 м, які відпрацьовуються фронтальним навантажувачем САТ-994Н (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Робота колісного навантажувача САТ-994Н на видобувних роботах

Таблиця 2.2

Технічна характеристика фронтального навантажувача САТ-994Н

Найменування	Показники
Діапазон ємності ковша, м ³	19,1–24,5
Номінальна корисне навантаження - модифікація з високим підйомом, т	38,1
Номінальна корисне навантаження - стандартна комплектація, т	40,8
Загальна тривалість циклу роботи гідросистеми (порожній ківш), сек.	23,5
Експлуатаційна маса, т	243

Для отримання вихідних даних для встановлення продуктивності фронтального навантажувача при розробці видобувного уступу висотою 10 – 15 м за відповідною схемою (рис. 2.5), використовується наступна послідовність:

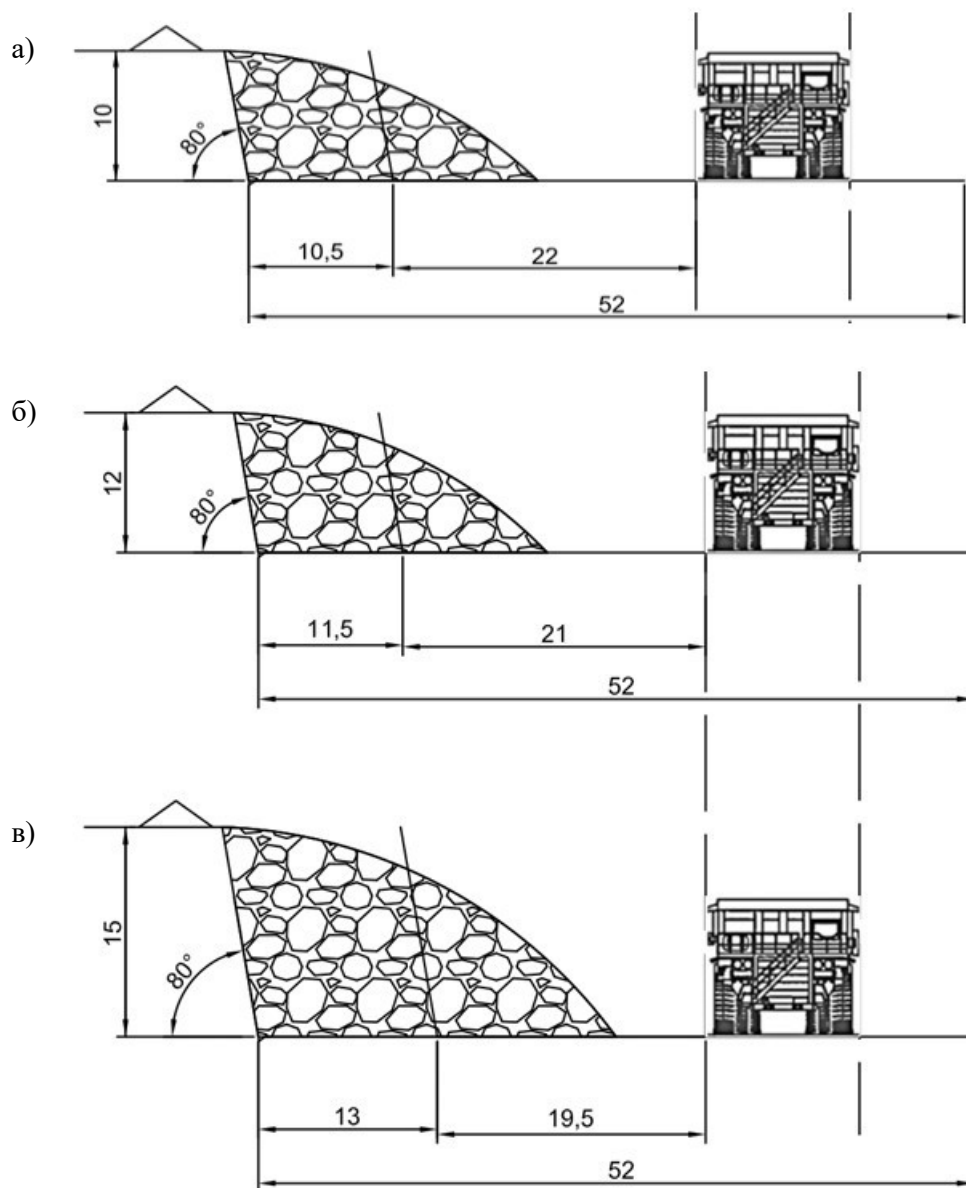


Рис. 2.5. Схеми до визначення параметрів розробки скельних порід одноковшевим навантажувачем САТ-994Н із під'їздом колісного транспорту та автосамоскидів в залежності від висоти надрудного уступу: а) 10 м; б) 12 м; в) 15 м.

Технічна продуктивність ($\Pi_{\text{тех}}$) одноковшевого навантажувача САТ-994Н розраховується за формулою:

$$\Pi_{\text{тех}} = (3600E_{\text{рк}}) / T_{\text{ц}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}. \quad (2.26)$$

де $E_{\text{рк}}$ - розрахункова ємність ковша, м^3 ;

$T_{ц}$ - тривалість робочого циклу навантажувача, формула якого:

$$T_{ц} = t_{ч} + 2L/v_{ср} + t_{р}, \text{ с}, \quad (2.27)$$

де $t_{ч}$ - час черпання, с;

L - відстань переміщення породи, м;

$v_{ср}$ - середня швидкість переміщення навантажувача, м/с;

$t_{р}$ - час розвантаження ківша навантажувача, $t_{р} = (3-4)$ сек.

Відповідно до вихідних параметрів роботи фронтального навантажувача в умовах відпрацювання видобувних уступів залізорудного кар'єру за схемами рис. 2.3. а), б), в), визначаємо час робочого циклу:

$$T_{ц}^{10} = 30 + 2 * 22 / 2,2 + 4 = 52 \text{ (сек.)}$$

$$T_{ц}^{12} = 30 + 2 * 21 / 2,2 + 4 = 51 \text{ (сек.)}$$

$$T_{ц}^{15} = 30 + 2 * 19,5 / 2,2 + 4 = 49 \text{ (сек.)}$$

З урахуванням зазначених показників, визначаємо змінну продуктивність фронтального навантажувача при висоті уступу 10, 12 і 15 м відповідно до методики, що застосовувалася раніше:

$$Q_{см}^{ФН.10.} = \frac{3600 * 19 * 0.95 * 0.6}{52 * 1.5} * 12 = 6030, \text{ м}^3/\text{зміну},$$

$$Q_{см}^{ФН.12.} = \frac{3600 * 19 * 0.95 * 0.6}{51 * 1.5} * 12 = 6148, \text{ м}^3/\text{зміну},$$

$$Q_{см}^{ФН.15.} = \frac{3600 * 19 * 0.95 * 0.6}{49 * 1.5} * 12 = 6399, \text{ м}^3/\text{зміну},$$

Встановимо час відпрацювання блоку об'ємом 0,5 млн м^3 при відпрацюванні фронтальним навантажувачем уступів різної висоти:

$$n_{отр.бл.}^i = \frac{V_{б}}{Q_{см}^{э.і}}, \text{ змін}, \quad (2.28)$$

$$n_{отр.бл.}^{10} = \frac{500\ 000}{6030} = 83, \text{ зміни},$$

$$n_{\text{отр. бл.}}^{12} = \frac{500\,000}{6148} = 81, \text{ зміна,}$$

$$n_{\text{отр. бл.}}^{15} = \frac{500\,000}{6399} = 78, \text{ змін.}$$

Встановлені результати досліджень дозволили визначити продуктивність роботи фронтального навантажувача САТ-994Н, який за робочу зміну протягом 12 годин, здатний відпрацювати об'єм залізної руди 6030 - 6399 м³.

2.5. Порівняння отриманих результатів і розробка рекомендацій

Отримані результати дозволяють порівняти ефективність застосування різних типів виймально-навантажувальної техніки в умовах відпрацювання видобувних уступів на кар'єрі Полтавського ГЗК. Результати досліджень зі встановлення впливу висоти уступу на продуктивність виймально-навантажувальної техніки при проведенні видобувних робіт наведено на рис. 2.6.

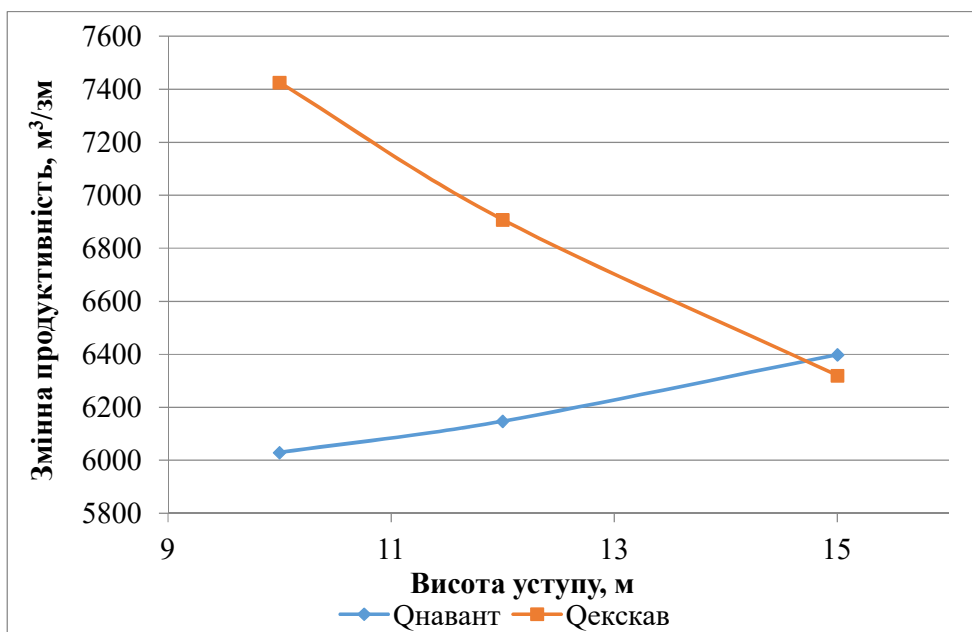


Рис. 2.6. Залежність змінної продуктивності екскаватору EX-3600-5 і фронтального навантажувача САТ-994Н від висоти видобувного уступу в умовах розробки кар'єру Полтавського ГЗК

Відповідно до встановлених даних (рис. 2.6) збільшення висоти видобувного уступу по різному впливає на продуктивність гідравлічних екскаваторів і фронтальних навантажувачів. При використанні гідравлічних екскаваторів збільшення висоти уступів з 10 до 15 м призводить до зменшення змінної продуктивності на 17% з 7426,2 до 6320,1 м³/зм., що призводить до збільшення кількості виймально-навантажувальної техніки для відпрацювання блоку гірничих робіт визначеного об'єму.

Однак, збільшення висоти уступу з 10 до 15 м в заданих умовах призводить до збільшення змінної продуктивності фронтального навантажувача на 6 % з 6030,1 до 6399,5 м³/зм.

Встановлені результати досліджень (табл. 2.3., 2.4) дозволяють в подальшому розрахувати техніко-економічні показники розробки видобувних уступів і обрати найбільш ефективний варіант при розробці уступів різної висоти.

Таблиця 2.3

Показники роботи гідравлічного екскаватору EX-3600-5 при розробці видобувного блоку об'ємом 0,5 млн м³

Висота уступу	Час робочого циклу, с	Технічна продуктивність, м ³ /год.	Експлуатаційна продуктивність, м ³ /зм	Час відпрацювання блоку, год.
10	40	618,84	7426	67,33
12	43	575,67	6908	72,38
15	47	526,67	6320	79,11

Таблиця 2.4

Показники роботи фронтального навантажувача САТ-994Н при розробці видобувного блоку об'ємом 0,5 млн м³

Висота уступу	Час робочого циклу, с	Технічна продуктивність, м ³ /год.	Експлуатаційна продуктивність, м ³ /зм	Час відпрацювання блоку, год.
10	52	502,48	6030	82,92
12	51	512,33	6148	81,33
15	49	533,24	6399	78,14

Встановлені результати досліджень (табл. 2.3. і 2.4) підтверджують перевагу застосування гідравлічних екскаваторів при розробці уступів висотою 10 м, однак при їх збільшенні до 15 м, колісні навантажувачі мають незначну перевагу за показником часу відпрацювання видобувного блоку. Для визначення ефективної висоти уступу за показником собівартості розробки залізної руди, у Розділі 5 буде виконано встановлення техніко-економічних показників розглянутих технологічних схем із визначенням кількості необхідного устаткування для екскавації заданого об'єму гірничої маси.

2.6 Організація гірничих робіт із виконанням прийнятих рішень

Запровадження розглянутих технологічних рішень в роботу підприємства має враховувати організацію пониження висоти уступів з 15 до 12 м передбачає ряд особливостей.

Оскільки борт кар'єру Полтавського ГЗК представлений чергуванням об'єднаних уступів (2-5 уступів) з робочою площадкою, яка послідовно опускається від горизонту до горизонту. Причому після її спуску на нижній горизонт на попередньому горизонті залишається мінімальна запобіжна берма, а в окремих випадках, відповідно до «Тимчасової технологічної інструкції ведення гірничих робіт в кар'єрі ПГОК з тимчасовою консервацією бортових секцій», берм не залишилося.

Технологічна схема ведення гірничих робіт з горизонту +0м до -60м представлена на рис. 2.7.

У випадку застосування технологічної схеми рис. 2.5, буровибухові роботи з цього горизонту проводяться до позначки -12 м, яка встановлена відповідно до проєкту.

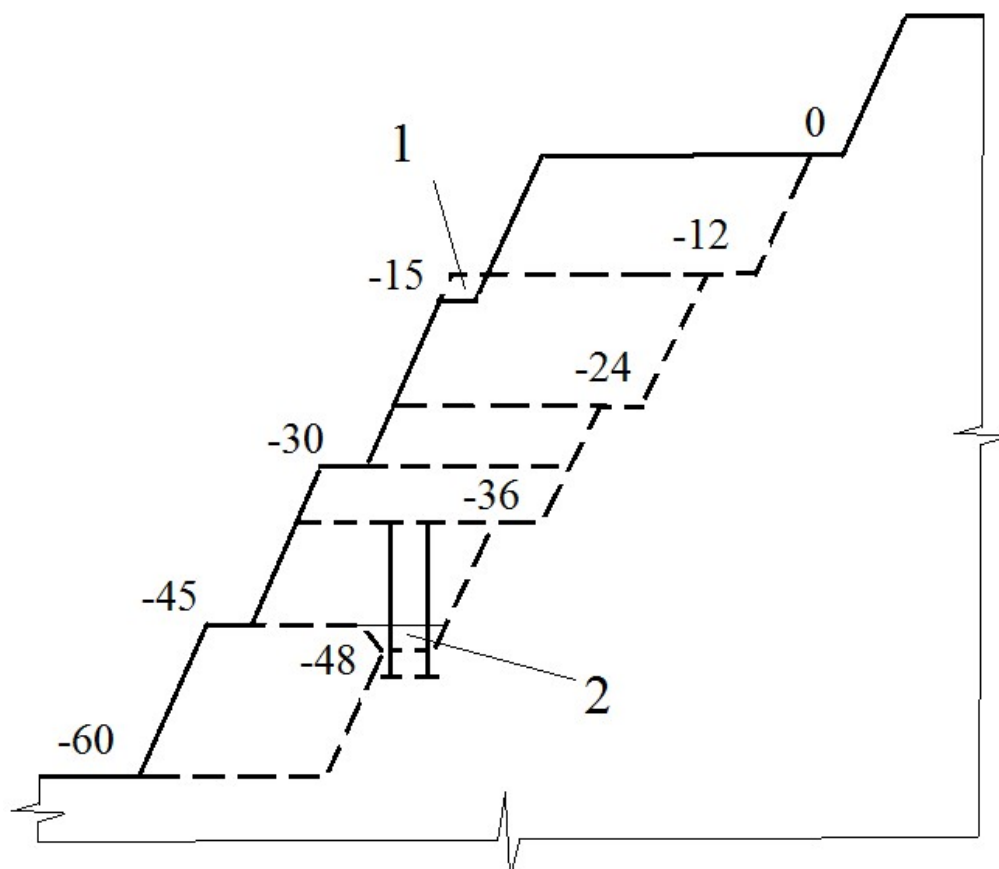


Рис. 2.7. Технологічна схема відпрацювання ділянки борту кар'єру
уступами висотою 15 і 12м

Після відпрацювання підірваного блоку з підірваного масиву породи формують ділянку 1, з якої бурять перший ряд свердловин. Після відпрацювання підірваного блоку на горизонті -24 м наступний горизонт -36 відробляється двома підходами по 6 м. При цьому буровибухові роботи проводяться окремо для кожного уступу. З уступу, що знаходиться на горизонті -36 м, продовжується підготовка гірничої маси буропідривним способом. При цьому висота уступу 15 м присутня лише для двох останніх рядів свердловин блоку, що пробурені до горизонту -48м.

Технологія переходу від уступів висотою 12 м до 10 м аналогічна і представлена на рисунку 2.8.

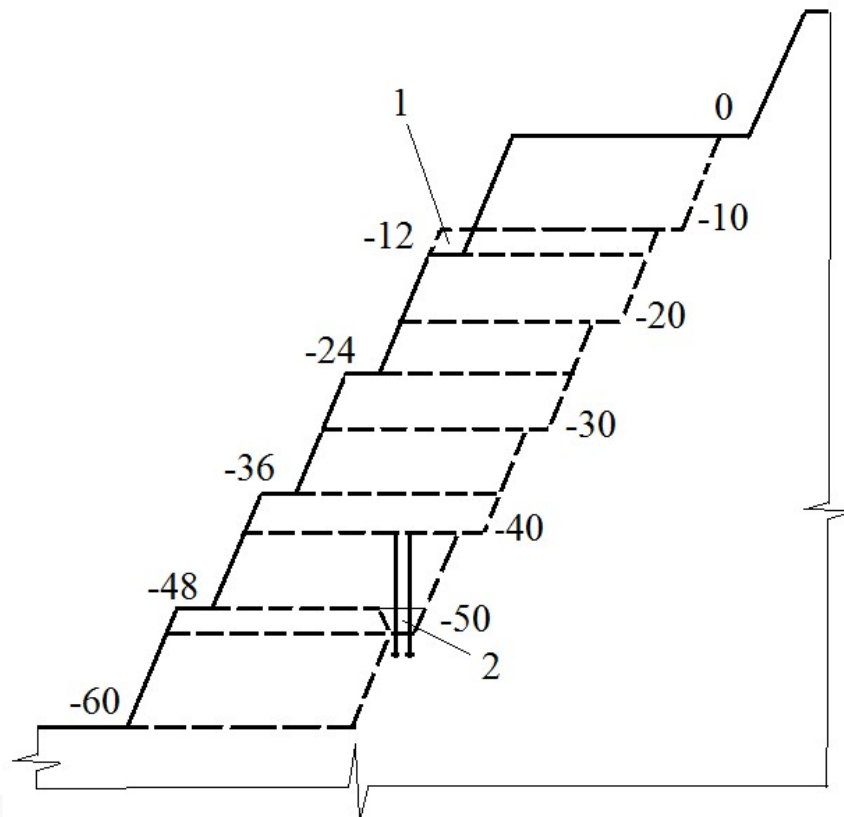


Рис. 2.8. Технологічна схема відпрацювання ділянки борту кар'єру
уступами висотою 12 та 10 м

3. КАР'ЄРНИЙ ТРАНСПОРТ

3.1. Розрахунок параметрів роботи автосамоскидів при відпрацюванні уступів з використанням гідравлічних екскаваторів

За вихідними проектними даними для транспортування корисної копалини використовується автосамоскид Caterpillar 793D вантажопідйомністю 220 т (129 м^3) в роботі з екскаватором EX-3600-5 (рис. 3.1). Технічні характеристики самоскида Cat 793 D наведені в таблиці 3.1.



Рис. 3.1. Автосамоскид Cat 793 D при перевезенні гірничої маси

Варто зазначити, що при виконанні підрахунків, було прийнято середню відстань при переміщенні корисних копалин з кар'єру до перевантажувальних пунктів в умовах Полтавського ГЗК 5,5 км. Відповідно до вихідних даних встановлено продуктивність і необхідна кількість автосамоскидів для транспортування річного об'єму корисної копалини, що розташована в одному блоці об'ємом $4,0 \text{ млн м}^3$ або з урахуванням її щільності 16 млн т.

Таблиця 3.1

Експлуатаційні характеристики Cat 793 D

Технічна характеристика	Показник
Вага	165.75 т
Стандартні шини	40.00-R57 t
Відвантажувальна ємність	129 м ³
Вантаж без тари	218 т
Довжина транспорту	12.86 м
Транспортна ширина	7.6 м
Транспортна висота	6.49 м
Швидкість подорожі	54.3 км/год
Зовнішній радіус повороту	28.42 м
Висота завантаження	5.871 м
Потужність двигуна	1743 кВт
Робочий об'єм	78 л

Відповідно до вихідних даних необхідно встановити норму виробки одного автосамоскиду Cat 793 D при перевезенні корисних копалин:

$$H_{Роз}^{Вир} = \frac{T_{зм} - T_{п.з.} - T_{о.п.}}{T_p} * Q_{ф}, m/зм;$$

де:

$T_{зм}$ - тривалість зміни, 12 год (720 хв);

$T_{п.з.}$ - час на виконання підготовчо-заключних операцій, $T_{п.з.} = 40$ хв;

$T_{о.п.}$ – час на особисті потреби, $T_{о.п.} = 10$ хв;

T_p – час для виконання одного рейсу, хв;

$Q_{ф}$ – фактична вантажопідйомність, т;

Час одного рейсу становить:

$$T_p = t_{ван} + t_{пуху} + t_{ман} + t_{роз} = 2,7 + 27 + 2 + 1 = 32,7 \text{ хв};$$

$t_{пуху}$ – час в обидва напрямки, хв;

$$t_{пуху} = 60 * \left(\frac{L_{mp}}{V_{в.авт}} + \frac{L_{mp}}{V_{пор.авт}} \right) = 60 * \left(\frac{5,5}{20} + \frac{5,5}{30} \right) = 27 \text{ хв};$$

$t_{ван}$ - час завантаження автосамоскиду Cat 793 D екскаватором ЕХ-3600-5;

$$t_{ван} = \frac{n_k * t_u}{60} = \frac{4 * 40}{60} = 2,7 \text{ хв};$$

n_k – кількість ківшів для завантаження одного автосамоскиду.

$$n_k = \frac{Q_a}{E * \gamma} = \frac{218}{19,1 * 2,65} = 4,13 - \text{приймаємо 4 ківша};$$

де:

Q_a - вантажопідйомність автосамоскиду, 218 т;

E – ємність ківшу, 19,1 м³;

γ – щільність порід, т/м³, $\gamma = 2,65$ т/м³;

$$Q_{\phi} = \frac{n_k * E * y}{K_p} = \frac{4 * 19,1 * 2,65}{1,2} = 168,7 \text{ т};$$

$t_{\text{роз}}$ – час розвантаження автосамоскиду, хв. Приймаємо $t_{\text{роз}} = 1$ хв;

$t_{\text{ман}}$ - час на маневри, хв;

$$t_{\text{ман}} = t_{\text{вз}} + t_{\text{вр}} = 1 + 1 = 2 \text{ хв};$$

де:

$t_{\text{вз}}$ - час встановлення автосамоскиду під завантаження, хв $t_{\text{вз}} = 1$ хв;

$t_{\text{вр}}$ - час встановлення автосамоскиду під розвантаження, хв $t_{\text{вр}} = 1$ хв;

$t_{\text{руху}}$ – час в обидва напрямки, хв.

Норма виробки одного автосамоскиду:

$$H_{\text{Роз}}^{\text{Вир}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{н.з.}} - T_{\text{о.п.}}}{T_p} * Q_{\phi} = \frac{720 - 40 - 10}{32,7} * 168,7 = 3\,456 \text{ м/зм};$$

Експлуатаційна продуктивність автосамоскиду Cat 793 D:

$$Q_{\text{а.екс}} = H_{\text{Роз}}^{\text{Вир}} * G_{\text{зот}} = 3\,456 * 0,7 = 2\,419 \text{ м/зм};$$

Необхідна кількість автосамоскидів:

$$N_a = \frac{Q_{\text{зм}}}{Q_{\text{а.екс}}} * K_{\text{рез}} = \frac{5617}{2\,419} * 1,25 = 2,9 \text{ од.}$$

Відповідно до отриманих даних, для забезпечення транспортування частини річного об'єму корисних копалин на блоці об'ємом 4,0 млн м³ приймається 4 автосамоскиди Cat 793 D, а середня довжина транспортування корисних копалин приймається рівною 5,5 км.

3.2. Розрахунок параметрів роботи автосамоскидів при відпрацюванні уступів з використанням фронтального навантажувача

Відповідно до проектних даних для транспортування корисної копалини у другому варіанті використовується автосамоскид Caterpillar 793D вантажопідйомністю 220 т (129 м³), що працює разом з фронтальним навантажувачем CAT-994H, який представлений на рис. 3.2.



Рис. 3.1. Автосамоскид Cat 793 D при завантаженні гірничої маси навантажувачем

Як і при розрахунку параметрів роботи автосамоскидів разом з гідравлічним екскаватором, було прийнято середню відстань при з кар'єру до перевантажувальних пунктів в умовах Полтавського ГЗК 5,5 км.

Відповідно до вихідних даних встановлена продуктивність і необхідна кількість автосамоскидів, що працюють разом з навантажувачами на блоці об'ємом 4,0 млн м³.

Відповідно до вихідних даних необхідно встановити норму виробки одного автосамоскиду Cat 793 D при перевезенні корисних копалин:

$$H_{Poz}^{Вир} = \frac{T_{зм} - T_{п.з.} - T_{о.п.}}{T_p} * Q_{ф}, m/зм;$$

де:

$T_{зм}$ - тривалість зміни, 12 год (720 хв);

$T_{п.з.}$ - час на виконання підготовчо-заключних операцій, $T_{п.з.} = 40$ хв;

$T_{о.п.}$ - час на особисті потреби, $T_{о.п.} = 10$ хв;

T_p - час для виконання одного рейсу, хв;

$Q_{ф}$ - фактична вантажопідйомність, т;

Час одного рейсу становить:

$$T_p = t_{ван} + t_{руху} + t_{ман} + t_{роз} = 3,3 + 27 + 2 + 1 = 33,3 \text{ хв};$$

$t_{руху}$ - час в обидва напрямки, хв;

$$t_{руху} = 60 * \left(\frac{L_{мп}}{V_{в.авт}} + \frac{L_{мп}}{V_{нор.авт}} \right) = 60 * \left(\frac{5,5}{20} + \frac{5,5}{30} \right) = 27 \text{ хв};$$

$t_{ван}$ - час завантаження автосамоскиду CAT 785C екскаватором EX-3600-5;

$$t_{ван} = \frac{n_k * t_u}{60} = \frac{4 * 50}{60} = 3,3 \text{ хв};$$

n_k – кількість ківшів навантажувача для завантаження одного автосамоскиду.

$$n_k = \frac{Q_a}{E * \gamma} = \frac{218}{19,1 * 2,65} = 4,13 - \text{приймаємо 4 ківша};$$

де:

Q_a - вантажопідйомність автосамоскиду, 218 т;

E – ємність ківшу навантажувача, 19,1 м³;

γ – щільність порід, т/м³, $\gamma = 2,65$ т/м³;

$$Q_{\phi} = \frac{n_k * E * \gamma}{K_p} = \frac{4 * 19,1 * 2,65}{1,2} = 168,7 \text{ т};$$

$t_{роз}$ – час розвантаження автосамоскиду, хв. Приймаємо $t_{роз} = 1$ хв;

$t_{ман}$ - час на маневри, хв;

$$t_{ман} = t_{вз} + t_{вр} = 1 + 1 = 2 \text{ хв};$$

де:

$t_{вз}$ - час встановлення автосамоскиду під завантаження, хв $t_{вз} = 1$ хв;

$t_{вр}$ - час встановлення автосамоскиду під розвантаження, хв $t_{вр} = 1$ хв;

$t_{руху}$ – час в обидва напрямки, хв.

Норма виробки одного автосамоскиду:

$$H_{Poz}^{Bup} = \frac{T_{зм} - T_{н.з.} - T_{о.п.}}{T_p} * Q_{\phi} = \frac{720 - 40 - 10}{33,3} * 168,7 = 3\,394 \text{ м/зм};$$

Експлуатаційна продуктивність автосамоскиду Cat 793 D:

$$Q_{a.екс} = H_{Poz}^{Bup} * G_{зот} = 3\,394 * 0,7 = 2\,375 \text{ м/зм};$$

Необхідна кількість автосамоскидів:

$$N_a = \frac{Q_{зм}}{Q_{a.екс}} * K_{рез} = \frac{5617}{2\,375} * 1,25 = 2,4 \text{ од.}$$

Відповідно до отриманих даних при застосуванні фронтального навантажувача САТ-994Н для навантаження автосамоскиду САТ 793 D з метою перевезення частини річного об'єму корисних копалин (4,0 млн м³) необхідно залучити 4 автосамоскиди, аналогічно до варіанту з використанням гідравлічних екскаваторів.

4. ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Під час гірничих робіт у кар'єрі основними джерелами пилоутворення є екскаваторно-навантажувальні роботи, бурово-вибухові роботи, навантаження гірничої маси, формування відвалів, бульдозерні роботи, видування пилу з бортів кар'єру та відвалів.

Частка цих джерел забруднення атмосфери прилеглих територій незначна, тому що при великій глибині котловану пил, що виділяється, залишається в котловані і зв'язується при постійному зрошенні водою вибоїн і укосів уступів.

Основним джерелом забруднення атмосфери в районі кар'єру є потужні вибухи. З поглибленням кар'єру їх вплив на забруднення атмосфери прилеглих територій зменшується, оскільки основна маса пилу припадає на площу котловану в перші секунди розсіювання пилової хмари.

Газоподібна складова пилогазової хмари виноситься за межі котловану і розбавляється до значень ГДК у 500-метровій санітарно-захисній зоні.

Для зменшення кількості викидів і створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці в кар'єрі передбачають наступні основні заходи:

- дворазовий полив гірничої маси в свердловинах екскаватора та на перевантажувальних майданчиках за допомогою автоматичних зрошувальних машин, гідропоїздів та зрошувально-вентиляційних установок типу УМП-1;

- з метою зменшення кількості пилу та газу, що викидається в атмосферу при масових вибухах, передбачається використання гідрогелевого наповнювача;

- зрошення вибухового блоку перед вибухом;

- застосування зовнішнього водонаповнення у вигляді поліетиленових гільз, заповнених водою;

- дегазація здетонованого блоку за допомогою зрошувально-вентиляційних установок УМП-1;

- пиловловлювач при бурінні свердловин водоповітряною сумішшю пилоуловлювачами, що поставляються в комплекті з буровими машинами;

- герметизація кабін екскаваторів, бурових установок, бульдозерів;

- обладнання кондиціонерами кабін екскаваторів, бурових установок і бульдозерів, які поставляються в комплекті з гірничим обладнанням;

- зрошення укосів неробочих уступів кар'єру та прилеглих до нього територій, а також поверхні відвалів емульсіями, що зв'язують пил.

В результаті виробничої діяльності кар'єру утворюються побутові та промислові стоки.

Побутові стоки потрапляють на міські очисні споруди і після очищення скидаються в хвостосховище.

Виробничі стоки, які утворюються при зволоженні гірської маси, зрошенні доріг, змиві розкривних порід тощо дренажною системою котловану, також скидаються в хвостосховище.

Підземні води хвостосховища використовуються для виробничих потреб заводу.

Запроваджена система водопостачання та водовідведення мінімізує вплив виробничої діяльності кар'єру на водне середовище.

Проектом передбачено наступні водоохоронні заходи спрямовані на поліпшення якості технічних вод:

- використання існуючих міських споруд для біологічного очищення стічних вод;

- механічне очищення промислових і атмосферних стічних вод;

- використання кар'єрного дренажу для промислових потреб.

4.2. Вплив технологічних рішень на охорону праці та техніку безпеки

Безпечна висота уступу повинна визначатися проектом з урахуванням фізико-механічних властивостей гірських порід і мінералів, гірничотехнічних умов їх залягання та робочих параметрів гірничих машин.

При застосуванні гідравлічних екскаваторів і навантажувачів висоту уступу слід визначати розрахунком залежно від їх технічних характеристик.

Висота вибою не повинна перевищувати:

- при роботі одноківшових канатних екскаваторів типу з механічною лопатою і одноківшових навантажувачів без застосування ВВ - висота зачерпування екскаватора або навантажувача;

- при використанні драглайнів, багатоковшевих та роторних екскаваторів - висоти або глибина копання екскаватором;

- при відпрацюванні пухких порід мінімальна висота уступу має складати від 3 м, а для м'яких, але стійких і міцних монолітних порід - 6 м.

Допускається розробка уступів висотою до 30 м пошарово за умови тимчасової постановки уступів по проміжному контуру і виносу уступів на проектний контур. При цьому висота заглиблення повинна бути не більше півтори максимальної висоти зачерпування екскаватором при розробці першого (верхнього) шару і висоти зачерпування при розробці наступного (нижнього) шару.

При пошаровій розробці уступів необхідно вживати заходів безпеки, що запобігають відшарування і обвалення укосів уступів (свердління похилим, контурне підривання, похилі укоси).

Під час видобування гірських порід і руд із застосуванням вибухових робіт допускається збільшувати висоту котловану до півтори висоти ковша. У цих випадках необхідно вжити додаткових заходів для запобігання випадкового обвалення козирків і звисів.

Кути укосів робочих уступів повинні розташовуватися таким чином, щоб вони не перевищували:

- при роботі екскаваторами типу з механічною лопатою, роторними екскаваторами і драглайнами - 80 градусів;

- при роботі багатоковшовими ланцюговими екскаваторами з донним зачерпуванням - природний кут укосу цих порід;

- при розробці ручним способом: пухких і сипучих порід - кут природного укосу цих порід; м'які, але стійкі породи - 50 градусів; породи - 80 град.

Граничні кути нахилу неробочих уступів і бортів (кути стійкості) повинні визначатися проектом з наступним коригуванням їх у процесі експлуатації відповідно до даних наукових досліджень і змін у технології гірничих робіт.

Гірничотранспортне обладнання, транспортні комунікації, мережі електропостачання та зв'язку необхідно розміщувати на робочих майданчиках уступів поза призмою обвалення.

Параметри обвалювальної призми уступів кар'єрів і ярусів відвалів повинні визначатися геолого-маркшейдерськими службами гірничого підприємства або спеціалізованою організацією, яка має дозвіл (ліцензію) на виконання даного виду робіт, з урахуванням фізичних і механічних властивостей порід, а також навантаження на уступи і яруси, які створюються обладнанням.

Відстань від нижнього краю уступу (схилу гірського масиву) до осі найближчої залізничної колії має бути не менше 2,5 м.

Ширину робочої площадки з урахуванням її призначення слід визначати з розрахунком згідно з нормами технологічного проектування.

При відпрацюванні уступів екскаваторами з верхнім завантаженням відстань від краю уступу до осі залізничної колії або автомобільної дороги повинна бути визначена проектом, але не менше 2,5 м.

Висота уступу (підуступу) повинна бути такою, щоб забезпечувався огляд транспортних засобів з кабіни машиніста екскаватора.

Висота між суміжними запобіжними бермами під час погашення уступів і розміщення їх у крайньому положенні повинна бути визначена проектом, але не більше висоти двох уступів. Ширина, конструкція та порядок обслуговування запобіжних берм повинні бути визначені проектом. У процесі експлуатації параметри уступів і запобіжних берм можуть уточнюватися при необхідності за результатами досліджень фізико-механічних властивостей гірських порід.

Утворення тимчасових неробочих бортів кар'єру та відновлення гірничих робіт на них необхідно проводити відповідно до проектів.

Під час погашення уступів необхідно дотримуватися встановленого проектом загального кута нахилу борту кар'єру.

У всіх випадках ширина берми повинна бути такою, щоб була можлива її механізована очистка, і становити не менше $1/3$ висоти уступу (уступів - у разі їх суміщення).

На кар'єрах необхідно стежити за станом їх бортів, траншей, уступів, укосів і відвалів. При виявленні ознак обвалу роботи необхідно припинити. У кар'єрах, схильних до зсувів, необхідно проводити інструментальні спостереження за станом бортів кар'єру і укосів відвалів.

Запобіжні берми повинні розташовуватися горизонтально або з ухилом у бік кар'єру і регулярно очищатися від уламків гірських порід і сторонніх предметів. Берми, по яких систематично переміщуються працівники, повинні бути огорожені відповідно до проекту.

Допускається, згідно з проектом, використовувати похилі берми з поздовжнім ухилом, у тому числі суміщені з транспортними бермами.

На уступах, де проводяться роботи, необхідно регулярно підбирати звиси і «козирки», а також усувати завали.

Горизонтальна відстань між робочими місцями або механізмами, розташованими на двох вертикально суміжних уступах, повинна бути не

менше 10 м при роботі вручну і не менше півтора максимального радіуса черпання при роботі екскаватором.

При роботі на висоті і на схилах уступів з кутом нахилу більше 35 град. працівники, які виконують буріння, обрізання укосів та інші роботи, повинні користуватися запобіжними поясами та страхувальними тросами, закріпленими на надійній опорі.

Одночасно необхідно проводити оглядові спостереження за станом бортів і дна котловану. При виявленні ознак обвалу роботи необхідно припинити. Подальші роботи необхідно проводити відповідно до розробленого проекту безпечної роботи.

При виявленні на бортах схильності до зсувів під час проведення гірничих робіт необхідно внести відповідні корективи в проект та виконати передбачені ним заходи безпеки.

Вибір способу руйнування негабаритів здійснюється виходячи з існуючих технічних умов на гірничому підприємстві та забезпечення безпеки праці. Знищення негабариту механічним способом необхідно проводити відповідно до вимог інструкції з експлуатації виробника технічного засобу для знищення негабариту.

4.3. Вимоги безпеки під час експлуатації екскаваторів

При русі екскаватора по горизонтальному майданчику або в гору його ведуча вісь повинна бути ззаду, а при спуску під ухил - спереду. Ківш необхідно спорожнити і тримати на висоті не більше 1 м від землі, а стрілу встановлювати вздовж шляху руху екскаватора.

Під час руху екскаватора вгору або під час спусків необхідно вживати заходів для запобігання самовільному ковзанню по схилу.

Перестановку гірничих машин проводити тільки за письмовим розпорядженням посадової особи, відповідальної за контроль за безпечним виконанням робіт, та за наявності затвердженого проекту організації робіт.

Обгін екскаватора повинен здійснюватися за сигналами помічника машиніста або спеціально призначеного працівника. При цьому між ним і екскаваторником повинна бути постійна видимість. Для крокуючих екскаваторів допускається передача сигналів від помічника машиніста до машиніста через третього члена бригади.

Допускається перегонка екскаватора з використанням спеціальних дизель-електричних ректифікаційних станцій.

Роботи екскаватора під козирками і нависаючими шматками гірничої маси не допускаються.

Козирки і шматки гірничої маси можна ліквідувати за допомогою гідромонітора або екскаватора, обладнаного допоміжним пристроєм. Конструкція пристрою та інструкція з його застосування повинні бути узгоджені з виробником екскаватора.

Екскаватори необхідно розміщувати на уступі кар'єру або відвалу на твердій вирівняній основі з ухилом не більше дозволеного технічним паспортом екскаватора. У всіх випадках відстань між бортиком уступу, відвальної або транспортної тари і проти вагою екскаватора повинна бути не менше 1 м. Під час роботи екскаватора з місткістю ковша менше 5 м³, його кабіна повинна розташовуватися з протилежного боку виступу.

Під час завантаження екскаваторів у вагони та розвантаження їх на екскаваторних відвалах поїзна бригада повинна слухатися тільки сигналів машиніста екскаватора.

Під час навантаження екскаваторів на залізничний транспорт і розвантаження їх на екскаваторних відвалах і складах машиністи екскаваторів повинні подавати сигнали відповідно до інструкцій з руху поїздів, що діють на гірничому підприємстві.

Сигнальну таблицю необхідно вивішувати на кузові екскаватора на видному місці і ознайомлювати з нею працівників екскаваторних і локомотивних бригад, машиністів самоскидів.

Під час роботи екскаватора забороняється перебування робітників (у тому числі обслуговуючого персоналу) в зоні дії ковша.

У разі загрози обвалення або зсуву уступу під час роботи екскаватора або виявлення зарядів вибухових речовин, що не розірвалися, роботу екскаватора необхідно припинити і вивести його в безпечне місце.

Для переміщення екскаватора з вибою завжди повинен бути вільний прохід.

Для навантаження автосамоскидів на екскаватори необхідно мати відповідні паспорти.

Під час роботи екскаватора на ґрунтах, які не витримують тиску гусениць, необхідно вживати спеціальних заходів для забезпечення стійкого положення екскаватора.

4.4. Вимоги безпеки під час експлуатації автосамоскидів

При експлуатації автомобільного транспорту в кар'єрах необхідно керуватися НПАОП 0.00-1.72-14 «Правила охорони праці при експлуатації великовантажного та іншого технологічного транспорту при розробці рудних і нерудних корисних копалин відкритим способом», «Правила дорожнього руху» та Інструкція з охорони праці для водіїв вантажних автомобілів.

Швидкість і порядок руху автомобілів дорогами кар'єру встановлюється адміністрацією кар'єру з урахуванням місцевих умов. Рух на кар'єрних дорогах необхідно регулювати стандартними знаками, передбаченими Правилами дорожнього руху.

На кар'єрних дорогах рух автомобілів повинен здійснюватися без обгону і регулюватися типовими дорожніми знаками.

План і профіль автомобільних доріг, ширина проїжджої частини, радіуси кривих у плані, поперечні ухили автомобільних доріг повинні відповідати діючим нормам і стандартам. Самоскиди повинні бути

технічно справними, мати два дзеркала заднього виду, звукову та світлову сигналізацію, освітлення та гальма.

В'їзд стороннього автотранспорту в кар'єр допускається тільки після обов'язкового інструктажу водія із записом у спеціальному журналі.

При завантаженні самоскида екскаватором необхідно дотримуватися наступних умов:

–самоскид, який очікує на завантаження, повинен знаходитися поза зоною дії ковша екскаватора і завантажуватися тільки після дозволу водія;

–самоскид повинен бути загальмований під вантажем, а водій після виходу з кабіни повинен перебувати поза зоною досяжності ковша екскаватора. Завантаження в кузов самоскида повинно здійснюватися тільки збоку або ззаду;

–завантажений самоскид повинен прямувати до місця розвантаження тільки після дозвільного сигналу екскаватора;

–кабіна кар'єрного самоскида повинна бути закрита спеціальним захисним козирком, що забезпечує безпеку водія під час навантаження. За відсутності захисного козирка водій автомобіля під час навантаження повинен вийти з кабіни та перебувати поза зоною дії ковша екскаватора.

Під час роботи автосамоскида в кар'єрі забороняється:

–рух самоскида з піднятим кузовом;

–реверсивний рух до місця навантаження (розвантаження) на відстань понад 30 м;

–перевезення сторонніх осіб в салоні;

–залишати самоскид на схилах і підйомах;

–запустити двигун, нахиливши самоскид;

–залишати кабіну самоскида з увімкненим двигуном;

–під час руху автосамоскида заднім ходом необхідно подавати безперервний звуковий сигнал.

5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Вихідні дані для визначення техніко-економічних показників розробки

Попередньо виконані дослідження дозволили визначити, що для відпрацювання видобувної ділянки об'ємом 4 млн м³ кількість виймально-навантажувальної техніки буде залежати від висоти видобувного уступу, яка впливатиме на її продуктивність. Вихідними даними для розрахунку техніко-економічних показників прийняті наступні умови:

- при розробці видобувних уступів кар'єру висотою 10 м на ділянці, яка відпрацьовуватися протягом року, необхідно залучити один ексикатор EX-3600-5 або 2 фронтальні навантажувачі САТ -994Н. Перевезення гірничої маси до пунктів перевантаження здійснюється з використанням 4 автосамоскидів ;

- при відпрацюванні аналогічної ділянки з використанням уступів висотою 12 м, як і в попередньому випадку необхідно залучити один ексикатор EX-3600-5 або 2 фронтальні навантажувачі САТ-994Н. При цьому кількість автосамоскидів САТ 793 D не змінюється і дорівнює 4 одиниці;

- відпрацювання уступів висотою 15 м призведе до зміни кількості виймально-навантажувального устаткування без змін об'єму гірничих робіт на видобувній ділянці. Відповідно до результатів розрахунків для відпрацювання 4 млн м³ залізної руди, необхідно буде залучити два ексикатори EX-3600-5, проте кількість фронтальних навантажувачів САТ-994Н зменшиться до одного. Транспортування залізної руди до перевантажувальних пунктів, як і у попередніх випадках, буде відбуватися з використанням 4 автосамоскидів САТ 793 D.

Наведені вихідні дані дозволяють виконати розрахунки для порівняння ефективності технологічних схем за показником собівартості розробки 1 т залізної руди, порівняти розглянуті варіанти та запропонувати найбільш сприятливий до застосування.

5.2 Розрахунок фонду заробітної плати на штат працівників, які обслуговують видобувне устаткування

Для визначення техніко-економічних показників, прийняті наступні вихідні дані щодо режиму роботи підприємства. У бригади екскаватора EX-3600-5 графік роботи двозмінний з тривалістю зміни 12 годин, 365 робочих днів на рік. Екскаватори обслуговують 2 працівники: 1 машиніст екскаватора та один його помічник. Кожен з чотирьох автосамоскидів САТ 793 D обслуговує один машиніст. Для виконання зазначених робіт задіяно 11 осіб. При розробці уступів висотою 10 і 12 м до виконання робіт протягом зміни залучено 6 осіб (варіант 1). При збільшенні висоти уступу до 15 м, кількість працівників збільшиться до 8 осіб (варіант 2).

При використанні фронтальних навантажувачів САТ-994Н на видобувній ділянці використовується один гідравлічний екскаватор Hitachi EX-3600-6, графік роботи двозмінний з тривалістю зміни 12 годин, 365 робочих днів на рік. Навантажувач обслуговує 1 машиніст. Для обслуговування кожного з чотирьох автосамоскидів САТ 793 D залучається один машиніст. Для виконання робіт на видобувній ділянці протягом зміни при розробці уступів висотою 10 і 12 м залучено 6 осіб (варіант 3), а при їх збільшенні до 15 м, кількість обслуговуючого персоналу знизиться до 5 осіб (варіант 4).

Фонд заробітної плати для працівників видобувної ділянки для кожного варіанту розраховується окремо за кожною професією відповідно до методики наведеної нижче.

Розрахунок фонду зарплати інженерно-технічних працівників формується виходячи з посадових окладів з урахуванням преміальних доплат. Фонду заробітної плати ІТП провадиться за формулою:

$$З_{міс} = О + \Phi_d, \text{ грн.}$$

де $\Phi_d = D_{ніч} + P_{ітр} + D_p$; $P_{ітр}$ – премія ІТП і службовців, $P_{ІТП} = 40\%$;
 O – величина місячного посадового окладу, грн.

Розрахунки ФЗП на штат працівників, які обслуговують розкривне і відвальне обладнання за варіантами, наведені в табл. 5.1, 5.2 і 5.3.

Таблиця 5.1 - Розрахунок ФЗП на штат працівників на видобувні ділянці при використанні гідравлічного екскаватора (варіант 1)

Професія	Кількість годин роботи (рік)	Тарифна ставка грн/год	Кількість працівників	Прямий фонд зарплати грн	Премія 15%	Інші доплати	Основний фонд зарплати	Додаткова заробітна плата	Плановий фонд млн грн.
Машиніст екскаватора «Hitachi EX-3600-5»	4272	100	2	854400	128160	68352	1050912	84072,9	1,1
Пом. маш. екскаватора	4272	80	2	683520	102528	54681,6	840729,6	67258,3	0,9
Машиніст автосамоскиду «CAT 793 D»	4272	100	8	3417600	512640	273408	4203648	336291,8	4,5
Всього на рік									6,6
Разом з ЄСВ 40 %, млн грн.									9,2

Таблиця 5.2 - Розрахунок ФЗП на штат працівників на видобувні ділянці при використанні гідравлічного екскаватора (варіант 2)

Професія	Кількість годин роботи (рік)	Тарифна ставка грн/год	Кількість працівників	Прямий фонд зарплати грн	Премія 15%	Інші доплати	Основний фонд зарплати	Додаткова заробітна плата	Плановий фонд млн грн.
Машиніст екскаватора «Hitachi EX-3600-5»	4272	100	4	1708800	256320	136704	2101824	168145,9	2,3
Пом. маш. екскаватора	4272	80	2	683520	102528	54681,6	840729,6	67258,3	0,9
Машиніст автосамоскиду «CAT 793 D»	4272	100	8	3417600	512640	273408	4203648	336291,8	4,5
Всього на рік									7,7
Разом з ЄСВ 40 %, млн грн.									10,8

Таблиця 5.3 - Розрахунок ФЗП на штат працівників при використанні фронтального навантажувача (варіант 3)

Професія	Кількість годин роботи (рік)	Тариф на ставка грн/год	Кількість працівників	Прямий фонд зарплати грн	Премія, 15%	Інші доплати	Основний фонд зарплати	Додаткова заробітна плата	Плановий фонд млн грн.
Машиніст фронтального навантажувача САТ-994Н	4272	100	4	1708800	256320	136704	2101824	168145,9	2,3
Машиніст автосамоскиду «САТ 793 D»	4272	100	8	3417600	512640	273408	4203648	336291,8	4,5
Всього на рік									6,8
Розом з ЄСВ 40 %, млн грн.									9,5

Таблиця 5.4 - Розрахунок ФЗП на штат працівників при використанні фронтального навантажувача (варіант 4)

Професія	Кількість годин роботи (рік)	Тариф на ставка грн/год	Кількість працівників	Прямий фонд зарплати грн	Премія, 15%	Інші доплати	Основний фонд зарплати	Додаткова заробітна плата	Плановий фонд млн грн.
Машиніст фронтального навантажувача САТ-994Н	4272	100	2	854400	128160	68352	1050912	84072,96	1,1
Машиніст автосамоскиду «САТ 793 D»	4272	100	8	3417600	512640	273408	4203648	336291,8	4,5
Всього на рік									5,7
Розом з ЄСВ 40 %, млн грн.									7,9

5.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

При розрахунку амортизаційних відрахувань, необхідно враховувати кожен групу основних фондів, до яких відноситься гірничо-видобувне

устаткування. Відповідні значення розраховуються на підставі норм амортизації, що затверджено Кабінетом Міністрів України.

Розрахунок амортизаційних відрахувань на видобувне устаткування, що застосовується при розробці залізної руди, використовується формула:

$$A_{\text{отч.г}} = A_{\text{обор}} \cdot N_{\text{амор}}, \text{ тис.грн.},$$

де $A_{\text{обор}}$ – балансова вартість обладнання, тис. грн.;

$N_{\text{амор}}$ – річна норма амортизаційних відрахувань (15%).

Розрахунок амортизаційних відрахувань на видобувне та транспортне устаткування, що використовується на визначеній ділянці кар'єру Полтавського ГЗК, представлено за кожним варіантом у таблицях 5.5 – 5.12.

Табл. 5.5 - Розрахунок амортизаційних відрахувань на видобувне та транспортне устаткування при використанні гідравлічного екскаватора (варіант 1)

Назва обладнання	Кількість, шт	Балансова вартість одиниці устаткування, грн	Загальна балансова вартість, млн грн.	Сума амортизаційних відрахувань за рік, млн грн.
Екскаватор «Hitachi EX-3600-5»	1	72000000	72	5,76
Автосамоскид САТ 793 D	4	15000000	60	4,80
Всього				10,56
Невраховане устаткування (5% від врахованого)				0,53
Всього, млн грн.				11,09

Табл. 5.6 - Розрахунок витрат на поточний ремонт (варіант 1)

Найменування витрат	Сума, млн грн.
Вартість поточного ремонту обладнання (4 % від балансової вартості)	5,3

Табл. 5.7 - Розрахунок амортизаційних відрахувань на видобувне та транспортне устаткування при використанні гідравлічного екскаватора (варіант 2)

Назва обладнання	Кількість, шт	Балансова вартість одиниці устаткування, грн	Загальна балансова вартість, млн грн.	Сума амортизаційних відрахувань за рік, млн грн.
Екскаватор «Hitachi EX-3600-5»	2	72000000	144	11,52
Автосамоскид САТ 793 D	4	15000000	60	4,80
Всього				16,32
Невраховане устаткування (5% від врахованого)				0,82
Всього, млн грн.				17,14

Табл. 5.8 - Розрахунок витрат на поточний ремонт (варіант 2)

Найменування витрат	Сума, млн грн.
Вартість поточного ремонту обладнання (4 % від балансової вартості)	8,2

Табл. 5.9 - Розрахунок амортизаційних відрахувань на видобувне та транспортне устаткування при використанні фронтального навантажувача (варіант 3)

Назва обладнання	Кількість, шт	Балансова вартість одиниці устаткування, грн	Загальна балансова вартість, млн грн.	Сума амортизаційних відрахувань за рік, млн грн.
Фронтальний навантажувач "САТ-994Н"	1	70000000	70	5,60
Автосамоскид САТ 793 D	4	15000000	60	4,80
Всього				16,00
Невраховане устаткування (5% від врахованого)				0,80
Всього, млн грн.				16,80

Табл. 5.10 - Розрахунок витрат на поточний ремонт устаткування при переекскавації через 6 років (варіант 3)

Найменування витрат	Сума, млн грн.
Вартість поточного ремонту обладнання (4 % від балансової вартості)	8,0

Табл. 5.11 - Розрахунок амортизаційних відрахувань на видобувне та транспортне устаткування при використанні фронтального навантажувача (варіант 4)

Назва обладнання	Кількість, шт	Балансова вартість одиниці устаткування, грн	Загальна балансова вартість, млн грн.	Сума амортизаційних відрахувань за рік, млн грн.
Фронтальний навантажувач "САТ-994Н"	1	70000000	70	5,60
Автосамоскид САТ 785С	4	15000000	60	4,80
Всього				10,40
Невраховане устаткування (5% від врахованого)				0,52
Всього, млн грн.				10,92

Табл. 5.12 - Розрахунок витрат на поточний ремонт устаткування при переєкспавації через 6 років (варіант 4)

Найменування витрат	Сума, млн грн.
Вартість поточного ремонту обладнання (4 % від балансової вартості)	5,2

5.4. Розрахунок витрат на матеріали

Витрати на допоміжні матеріали для обслуговування робочого устаткування при видобутку залізної руди визначаються з кількості гірничого обладнання, норм витрат та ціни за годину робочого часу. Норми витрати матеріалів та ціни на них приймаються відповідно до даних підприємства.

Витрати на і-ий матеріал визначимо за формулою:

$$C_i = C_i \cdot Q_v \cdot C_i \cdot N_i,$$

де C_i - ціна і-того матеріалу, грн; Q_v – річна продуктивність кар'єру, т.; N_i - норма витрати на і-ий матеріал.

Витрати на допоміжні матеріали за варіантами наведені в табл. 5.13 - 5.16.

Таблиця 5.13 - Розрахунок суми витрат на матеріали при використанні гідравлічного екскаватора на видобувних роботах (варіант 1)

Найменування ПММ	Норматив витрат, кг на год.	Кількість год. роботи обладнання	Потреба в ПММ (кг)	Ціни за ПММ (грн/кг)	Вартість ПММ (млн грн)
Гідравлічний екскаватор Hitachi EX-3600-5 (1 одиниця)					
Дизельне паливо	110	4272	469920	50	23,5
Змазочні матеріали	1,7	4272	7262,4	50	0,4
Обтиральні матеріали	0,1	4272	427,2	1,8	0,001
Всього					23,9
Автосамоскид CAT 793D (4 одиниць)					
Дизельне паливо	120	17088	2050560	50	102,5
Мастило дизельне	1,25	17088	21360	50	1,1
Обтиральні матеріали	0,1	17088	1708,8	1,2	2,1
Всього					105,6
Разом:					129,5

Таблиця 5.14 - Розрахунок суми витрат на матеріали при використанні гідравлічного екскаватора на видобувних роботах (варіант 2)

Найменування ПММ	Норматив витрат, кг на год.	Кількість год. роботи обладнання	Потреба в ПММ (кг)	Ціни за ПММ (грн/кг)	Вартість ПММ (млн грн)
Гідравлічний екскаватор Hitachi EX-3600-5 (1 одиниця)					
Дизельне паливо	110	8544	939840	50	47,0
Змазочні матеріали	1,7	8544	14524,8	50	0,7
Обтиральні матеріали	0,1	8544	854,4	1,8	0,002
Всього					47,7
Автосамоскид CAT 793D (4 одиниць)					
Дизельне паливо	120	17088	2050560	50	102,5
Мастило дизельне	1,25	17088	21360	50	1,1
Обтиральні матеріали	0,1	17088	1708,8	1,2	2,1
Всього					105,6
Разом:					153,4

Таблиця 5.15 - Розрахунок суми витрат на матеріали при використанні фронтального навантажувача на видобувних роботах (варіант 3)

Найменування ПММ	Норматив витрат, кг на год.	Кількість год. роботи обладнання	Потреба в ПММ (кг)	Ціни за ПММ (грн/кг)	Вартість ПММ (тис. грн)
Фронтальний навантажувач САТ-994Н					
Дизельне паливо	120	8544	1025280	50	51,3
Змазочні матеріали	1,7	8544	14524,8	50	0,7
Обтиральні матеріали	0,1	8544	854,4	1,8	0,002
Всього					52,0
Автосамоскид САТ 793D (4 одиниць)					
Дизельне паливо	120	17088	2050560	50	102,5
Масило дизельне	1,25	17088	21360	50	1,1
Обтиральні матеріали	0,1	17088	1708,8	1,2	2,1
Всього					105,6
Разом:					157,6

Таблиця 5.16 - Розрахунок суми витрат на матеріали при використанні фронтального навантажувача на видобувних роботах (варіант 4)

Найменування ПММ	Норматив витрат, кг на год.	Кількість год. роботи обладнання	Потреба в ПММ (кг)	Ціни за ПММ (грн/кг)	Вартість ПММ (тис. грн)
Фронтальний навантажувач САТ-994Н					
Дизельне паливо	120	4272	512640	50	25,6
Змазочні матеріали	1,7	4272	7262,4	50	0,4
Обтиральні матеріали	0,1	4272	427,2	1,8	0,001
Всього					26,0
Автосамоскид САТ 793D (4 одиниць)					
Дизельне паливо	120	17088	2050560	50	102,5
Масило дизельне	1,25	17088	21360	50	1,1
Обтиральні матеріали	0,1	17088	1708,8	1,2	2,1
Всього					105,6
Разом:					131,6

5.5. Розрахунок загальних витрат на проведення видобувних робіт

Собівартість розробки 1 м³ залізної руди за чотирма варіантами розраховується на підставі встановлених раніше витрат на заробітну плату (табл. 5.1-5.4), амортизації (табл. 5.5-5.12), паливних матеріалів (табл. 5.13-5.16) шляхом додавання цих витрат виробництва.

Калькуляція собівартості видобувних робіт за чотирма розглянутими варіантами представлена в табл. 5.17-5.15.

Таблиця 5.17. – Калькуляція собівартості видобувних робіт об'ємом 4 млн м³ при використанні гідравлічного екскаватора (варіант 1)

Найменування витрат	Сума на весь об'єм, млн грн	Собівартість видобувних робіт, грн/м ³
Фонд заробітної плати	9,2	2,3
Витрати на амортизацію	11,1	2,8
Витрати на ремонт	5,3	1,3
Витрати на ПММ	129,5	32,4
Всього	155,09	38,8

Таблиця 5.16. – Калькуляція собівартості видобувних робіт об'ємом 4 млн м³ при використанні гідравлічного екскаватора (варіант 2)

Найменування витрат	Сума на весь об'єм, млн грн	Собівартість видобувних робіт, грн/м ³
Фонд заробітної плати	10,8	2,7
Витрати на амортизацію	17,1	4,3
Витрати на ремонт	8,2	2,0
Витрати на ПММ	153,4	38,3
Всього	189,47	47,4

Таблиця 5.17. – Калькуляція собівартості видобувних робіт об'ємом 4 млн м³ при використанні фронтального навантажувача (варіант 3)

Найменування витрат	Сума на весь об'єм, млн грн	Собівартість видобувних робіт, грн/м ³
Фонд заробітної плати	9,5	2,4
Витрати на амортизацію	16,8	4,2
Витрати на ремонт	8,0	2,0
Витрати на ПММ	157,6	39,4
Всього	191,97	48,0

Таблиця 5.18. – Калькуляція собівартості видобувних робіт об'ємом 4 млн м³ при використанні фронтального навантажувача (варіант 4)

Найменування витрат	Сума на весь об'єм, млн грн	Собівартість видобувних робіт, грн/м ³
Фонд заробітної плати	7,9	2,0
Витрати на амортизацію	10,9	2,7
Витрати на ремонт	5,2	1,3
Витрати на ПММ	131,6	32,9
Всього	155,71	38,9

Узагальнені результати розрахунків показників собівартості розробки залізної руди за чотирма розглянутими варіантами наведено в табл. 5.19.

Таблиця 5.26. – Собівартість розробки залізної руди в умовах визначеної ділянки карері Полтавського ГЗК

Найменування витрат	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4
Фонд заробітної плати, грн/м ³	2,3	2,7	2,4	2,0
Витрати на амортизацію, грн/м ³	2,8	4,3	4,2	2,7
Витрати на ремонт, грн/м ³	1,3	2,0	2,0	1,3
Витрати на ПММ, грн/м ³	32,4	38,3	39,4	32,9
Всього, грн/м ³	38,8	47,4	48,0	38,9

Зведені результати розрахунків за чотирма варіантами проведення видобувних робіт, наведено на графіках (рис. 5.1).

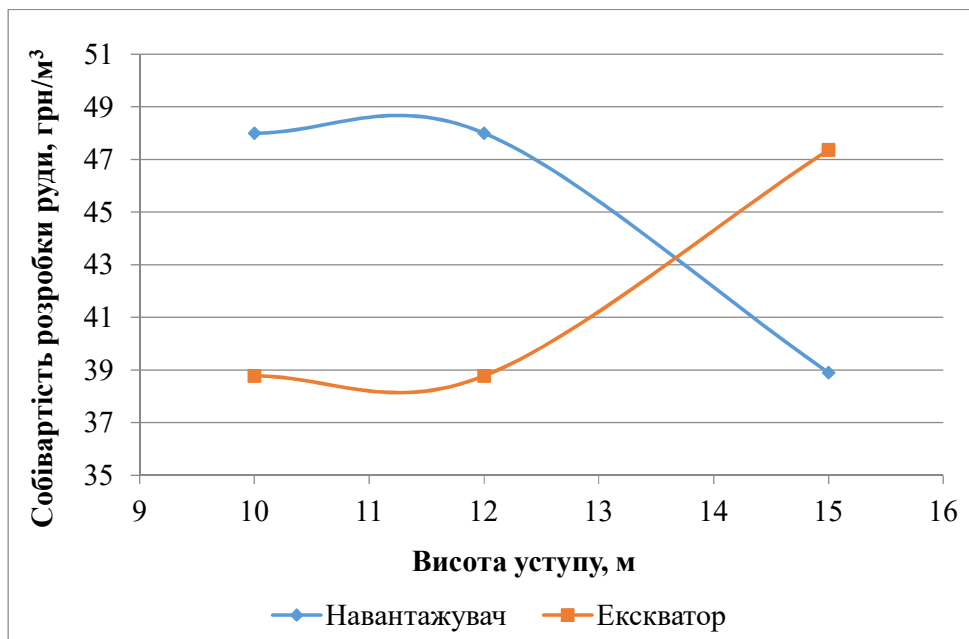


Рисунок 5.1. – Вплив висоти видобувного уступу на собівартість розробки залізної руди в умовах кареру Полтавського ГЗК

Аналіз встановлених залежностей (рис. 5.1) дозволяє встановити, що собівартість розробки залізної руди є найменшою при застосуванні гідравлічних екскаваторів Hitachi EX-3600-6 на уступах висотою 10-12 м (варіант) і складає 38,8 грн/м³. У той же час, найбільші витрати у 48,0 грн/м³ спостерігаються при застосуванні колісних навантажувачів CAT-994H, при розробці уступів аналогічної висоти (варіант 3). На другому місці за ефективністю йде схема з використанням колісних навантажувачів при розробці уступів висотою 15 м. У даному варіанті собівартість розробки залізної руди складає 38,9 грн/м³, що наближає за ефективністю дану схему до першого варіанту. На третьому місці розташована схема з використанням гідравлічних екскаваторів при розробці уступів висотою 15 м (варіант 2). Собівартість розробки залізної руди в цьому варіанті складає 47,7 грн/ м³, що робить її менш привабливою за перший варіант на 20 %.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що при використанні гідравлічних екскаваторів Hitachi EX-3600-6 збільшення висоти уступів з 10 до 15 м призводить до зменшення змінної продуктивності на 17% з 7426,2 до 6320,1 м³/зм., що призводить до збільшення кількості виймально-навантажувальної техніки для відпрацювання блоку гірничих робіт визначеного об'єму. У той же час таке збільшення призводить до підвищення змінної продуктивності фронтального навантажувача на 6 % з 6030,1 до 6399,5 м³/зм.

2. Встановлено перевагу застосування гідравлічних екскаваторів Hitachi EX-3600-6 при розробці уступів висотою 10 м над колісними навантажувачами CAT-994H, однак при збільшенні висоти уступів до 15 м, навантажувачі мають незначну перевагу за показником часу відпрацювання видобувного блоку.

3. Визначено, що застосування фронтальних навантажувачів CAT-994H і гідравлічних екскаваторів Hitachi EX-3600-6 при розробці однакового об'єму блоку корисних копалин (4,0 млн м³) потребує однакової кількості автосамоскидів CAT 793 D (4 одиниці) при розробці уступі висотою від 10 до 15 м.

4. Встановлено вплив висоти видобувного уступу на собівартість розробки залізної руди в умовах кар'єру Полтавського ГЗК, який свідчить, що собівартість розробки залізної руди є найменшою при застосуванні гідравлічних екскаваторів Hitachi EX-3600-6 на уступах висотою 10-12 м (варіант) і складає 38,8 грн/м³.

5. Визначено найбільші витрати на розробу корисної копалини спостерігаються при застосуванні колісних навантажувачів CAT-994H, при розробці уступів висотою 10 м і сягають 48,0 грн/м³. На другому місці за ефективністю йде технологічна схема з використанням колісних навантажувачів при розробці уступів висотою 15 м при собівартості 38,9 грн/м³, що наближає за ефективністю дану схему до першого варіанту.

6. На третьому місці за ефективністю розташована схема з використанням гідравлічних екскаваторів при розробці уступів висотою 15 м. Собівартість розробки залізної руди в цьому варіанті складає 47,7 грн/м³, що робить її менш привабливою за перший варіант на 20 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. СОУ-Н МПП 73.020-078-1:2007 «Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки корисних копалин. Частина 1.
2. СОУ-Н МПП 73.020-078-2:2008 «Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. Частина 2. Відкриті гірничі роботи». Затверджено Наказом Міністерства промислової політики України № 52 від 29.01.2008 р.
3. V.H. Blizniukov Dr Sc, P. (2017). Improvement of technical criteria for comparative evaluation of mining operation options of iron ore open pits. *Natsional'nyi Hirnychyi Universytet. Naukovyi Visnyk*, (1), 44.
4. Lutsenko, S., Hryhoriev, Y., Peregudov, V., Kuttybayev, A., & Shampykova, A. (2021). Improving the methods for determining the promising boundaries of iron ore open pits. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 280). EDP Sciences.
5. Maleki, M., Jélvez, E., Emery, X., & Morales, N. (2020). Stochastic open-pit mine production scheduling: a case study of an iron deposit. *Minerals*, 10(7), 585.
6. Kuzmenko, S., Kaluzhnyi, Ye., Moldabayev, S., Shustov, O., Adamchuk, A., & Toktarov, A. (2019). Optimization of position of the cyclical-and-continuous method complexes when cleaning-up the deep iron ore quarries. *Mining of Mineral Deposits*, 13(3), 104-112. <https://doi.org/10.33271/mining13.03.104>
7. Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи : підруч. // А.Ю. Дриженко. - Д.: ДВНЗ "НГУ", 2014. - 590 с.
8. Гуменик, І.Л., Корсунський Г.Я., Ложніков О.В. Технологія відкритої розробки пологих родовищ корисних копалин : навч. посіб. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. унт. - Д. : НГУ, 2014. - 310 с.
9. Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин : навч. посіб.: у 2-х ч. Ч2.
10. Системи відкритої розробки родовищ / Б.Ю. Собко, Г.Д. Пчолкін, Г.Я. Корсунський, О.В. Ложніков ; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». – Д. : НГУ, 2020. – 239 с.
11. Технологія відкритої розробки родовищ корисних копалин : навч. посіб.: у 2-х ч. Ч1. Розкриття родовищ / Б.Ю. Собко, Г.Д. Пчолкін, Г.Я. Корсунський, О.В. Ложніков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. унт. - Д. : НГУ, 2017. - 166 с.
12. Purhamadani, E., Bagherpour, R., & Tudeshki, H. (2021). Energy consumption in open-pit mining operations relying on reduced energy consumption for haulage using in-pit crusher systems. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125228.