

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра гірничої справи

«Допущено до захисту»

Гарант ОПП

Григор'єв Ігор Євгенійович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання

освітньо-професійної програми

«Технології відкритої розробки родовищ»

за спеціальністю 184 Гірництво

на тему «Дослідження засобів підвищення технічного рівня
екскаваторів»

Керівник роботи

Григор'єв Ігор Євгенійович

Наставник від бази практики

Єгупов Дмитро Васильович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач

Хлопенко Богдан Вікторович

<i>Підсумкова оцінка за атестацію</i>			
---------------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Запоріжжя 2025

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧА МАГІСТЕРСЬКОГО РІВНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

Факультет	гірничо-металургійний
Кафедра	Гірничої справи
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність ОПП	<i>184 Гірництво</i> <i>«Технології відкритої розробки родовищ»</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Ігор Григор'єв

_____ .2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Хлопенко Богдан Вікторович

1. **Тема роботи:** «Дослідження засобів підвищення технічного рівня екскаваторів».

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничої справи Григор'єв Ігор Євгенійович, затверджено наказом Університету №238 від 14.10.2024.

2. **Термін подання роботи:** 13.02.2025

3. **Вихідні дані до роботи:**

Технічні паспорти екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К. Звітна документація Артемівського кар'єру ЦГЗК за 2023 рік (дані про роботу екскаваторів, простої, ремонти). Статті з наукових журналів та збірників, присвячені модернізації гірничого обладнання. Матеріали сайтів виробників гірничого обладнання

("Modex-ПРИВОД", УЗТМ-КАРТЕКС, Lincoln). Дані, отримані під час переддипломної практики на Артемівському кар'єрі ЦГЗК. Навчальна, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики технічного рівня екскаваторів та відритої розробки родовищ, науково-технічні літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПрАТ «ЦГЗК» м. Кривий Ріг, результати власних експериментів та досліджень.

4. Зміст пояснювальної записки:

Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз гірничо-геологічних умов експлуатації виймально-навантажувального обладнання. 2. Вивчення причин простоїв основного виймально-навантажувального обладнання в артемівському кар'єрі. 3. Розробка рекомендацій щодо підвищення операційної ефективності експлуатації парку виймально-навантажувального обладнання. Висновки та рекомендації. Список використаної літератури.

Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу: презентація PowerPoint – «Презентація до кваліфікаційної роботи Хлопенко_Б.pptx».

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Григор'єв Ігор Євгенійович
2	Григор'єв Ігор Євгенійович
3	Григор'єв Ігор Євгенійович

7. Дата видачі завдання 31.05.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Збір вихідних даних роботи Артемівського кар'єру ЦГЗК	02.12 - 27.12.24
2	Підготовка матеріалів до теоретичного розділу	15.12 - 31.12.24
3	Підготовка матеріалів до дослідницького розділу	01.01-15.01.25
4	Підготовка матеріалів технологічного і економічного розділу.	15.01-31.01.25
5	Охорона праці	01.02-04.02.25

Здобувач

Хлопенко Богдан Вікторович

Керівник роботи

Григор'єв Ігор Євгенійович

АНОТАЦІЯ

Хлопенко Богдан Вікторович.

Дослідження засобів підвищення технічного рівня екскаваторів.
Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 184 Гірництво, ОПП «Технології відкритої розробки родовищ» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Об'єктом дослідження є параметри виймально-навантажувальних робіт гірничої маси глибоких кар'єрів.

Предметом дослідження є технічний стан та шляхи підвищення ефективності експлуатації екскаваторів на Артемівському кар'єрі ПрАТ "ЦГЗК".

Мета роботи: обґрунтування техніко-економічних рішень, спрямованих на підвищення технічного рівня екскаваторів ЕКГ-8І, що експлуатуються на Артемівському кар'єрі ПрАТ "ЦГЗК".

У першому розділі проведено огляд сучасного стану та тенденцій розвитку технологій відкритої розробки родовищ, з акцентом на виймально-навантажувальне обладнання, зокрема кар'єрні екскаватори. Розглянуто основні напрямки підвищення технічного рівня екскаваторів.

У другому розділі надано характеристику Артемівського кар'єру ПрАТ "ЦГЗК". Проведено детальний аналіз технічного стану екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ-12К, що експлуатуються на кар'єрі. Визначено основні причини простоїв та відмов, проаналізовано показники продуктивності та питомої витрати електроенергії.

У третьому розділі обґрунтовано необхідність підвищення технічного рівня екскаваторів ЕКГ-8І. Розглянуто можливі шляхи вирішення цієї проблеми: модернізацію існуючого обладнання та його заміну на більш сучасні моделі (ЕКГ-12К). Проаналізовано переваги та

недоліки кожного варіанту. Запропоновано конкретні заходи з модернізації (встановлення НКУ ШЕ, АЦСС Lincoln, модернізація електричної та механічної частини) та вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту (ТОiP). Проведено орієнтовну оцінку економічної ефективності запропонованих заходів.

Основні результати та їхнє практичне значення:

Встановлено необхідність суттєвого покращення технічного стану екскаваторів ЕКГ-8I; запропоновано диференційований підхід: модернізація екскаваторів №61, №12, №50 (встановлення НКУ ШЕ, автоматичної централізованої системи змащування, модернізація і заміна електричної, механічної частини, встановлення моніторингу) та заміна вибійних ЕКГ-8I на ЕКГ-12K; рекомендовано комплексну систему заходів щодо покращення технічного обслуговування і ремонтів; проведена орієнтовна оцінка економічної ефективності (модернізація: окупність 17-24 роки, заміна: ~11 роки з урахуванням додаткового прибутку, ~22 роки – без); обґрунтовано доцільність систем моніторингу та автоматизації; результати можуть бути використані на Артемівському кар'єрі та інших підприємствах для підвищення продуктивності, зниження собівартості та покращення умов праці; встановлено, що заміна застарілого обладнання на нове є найбільш ефективним заходом.

Обсяг роботи: 62 сторінки.

Кількість ілюстрацій: 42.

Кількість таблиць: 20.

Кількість джерел у списку літератури: 33.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: виймально-навантажувальні роботи, екскаватор, робочі параметри обладнання, продуктивність, операційна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	12
1.1 Загальна характеристика родовища.....	12
1.2 Геологічна характеристика родовища	13
1.3 Фактичний стан гірських робіт	15
1.4 Фізико-механічні характеристики корисних копалин.....	18
1.5 Балансові та промислові запаси корисних копалин	19
1.6 Режим гірничих робіт, гірничо-геометричний аналіз та календарний план розробки родовища.....	21
2. ВИВЧЕННЯ ПРИЧИН ПРОСТОЇВ ОСНОВНОГО ВИЙМАЛЬНО- НАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В АРТЕМІВСЬКОМУ КАР'ЄРІ	24
2.1 Характеристика та опис основного виймально- навантажувального обладнання кар'єру №4.....	24
2.2 Загальний аналіз технічного стану екскаваторів	34
2.3. Методи збору первинної інформації	37
2.4 Аналіз основних показників роботи екскаваторного парку. 38	
2.4.1 Аналіз виробничих показників.....	38
2.4.2 Аналіз простоїв екскаваторів	40
2.4.3 Аналіз основних поломок екскаваторів.....	42
3. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	49

3.1. Обґрунтування необхідності підвищення технічного рівня екскаваторів	49
3.2 Аналіз можливих шляхів підвищення технічного рівня екскаваторів	50
3.2.1 Модернізація існуючого обладнання (ЕКГ-8І).....	50
3.2.2 Заміна старого обладнання на нове	58
3.2.3 Впровадження систем автоматизації та диспетчеризації	61
3.2.4 Покращення системи технічного обслуговування та ремонту	62
3.3 Пропозиції щодо підвищення технічного рівня екскаваторів на Артемівському кар'єрі	68
3.3.1 Модернізація екскаваторів ЕКГ-8І	69
3.3.2 Заміна екскаваторів екг-8і на екг-12к	71
3.4 Оцінка економічної ефективності запропонованих заходів	74
3.4.1 Розрахунок економічного ефекту від модернізації ЕКГ-8І	74
3.4.2 Розрахунок економічного ефекту від заміни ЕКГ-8І на ЕКГ-12К.....	76
3.4.3 Порівняння варіантів та висновки.....	77
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	82

ВСТУП

Відкрита розробка родовищ корисних копалин відіграє важливу роль в економіці України, а ефективність гірничодобувних підприємств значною мірою залежить від продуктивності та надійності виймально-навантажувального обладнання, основним видом якого є екскаватори. Знос обладнання, зростання вимог до продуктивності, енергоефективності та екологічності зумовлюють необхідність дослідження та впровадження засобів підвищення технічного рівня екскаваторів.

Центральний гірничо-збагачувальний комбінат (ЦГЗК) – одне з найбільших підприємств України, що займається видобутком і збагаченням залізорудної сировини для металургійного сектору країни та Східної Європи. Підприємство розташоване у Кривому Розі та функціонує з 1961 року. Його сировинна база включає кілька родовищ залізистих кварцитів: Велика Глеюватка (кар'єр №1), Петровське (кар'єр №3), Артемівське (кар'єр №4), а також поклад Південна Магнетитова, що належить шахті ім. Орджонікідзе.

За 2023 рік було видобуто 15,627 млн тон сирої руди, з якої отримано 4,84 млн тон концентрату та 2,46 млн тон окатишів.

Станом на 1 січня 2020 року загальні запаси руди у кар'єрах ЦГЗК складали:

- а) 1,6 млн тон розкритих запасів;
- б) 1,3 млн тон підготовлених до розкриття;
- в) 1,0 млн тон готових до виїмки. Щомісячний обсяг підготовленої до виїмки сировини становить 2,4 млн тон.

Комбінат складається з трьох кар'єрів і шахти ім. Орджонікідзе. Загальна річна потужність з видобутку сирої руди досягає 14,2 млн тон. До основних виробничих об'єктів входять:

- а) дробильна фабрика;
- б) збагачувальна фабрика (потужність 5 млн тон концентрату на рік);
- в) фабрика огрудкування (виробництво понад 2,2 млн тон окатишів щорічно;
- г) допоміжні цехи.

Основний метод збагачення – магнітна сепарація у слабкому полі. Процес включає три стадії подрібнення та чотири стадії магнітної сепарації. Під час кожного етапу утворюються відходи, а частина матеріалу проходить подальшу переробку. Це дозволяє підприємству виробляти додаткову продукцію для будівельної галузі та збільшувати концентрацію корисних компонентів у руді на 6,7%.

У результаті повного циклу переробки із сировини із вмістом заліза 33,6% отримують концентрат із 66,5-66,8% Fe та вологістю близько 10%. В середньому комбінат щорічно випускає 4,3 млн тон концентрату та 2,4 млн тон окатишів, у яких масова частка заліза досягає 65,34-66,14%.

У 2005 році комбінат став першим в Україні, хто запровадив технологію переробки хвостів збагачення для повторного використання їх як вторинної сировини. Це рішення щорічно дозволяє:

- а) звільняти до 0,4 млн кубометрів ємності шламосховищ;
- б) отримувати додатковий залізозмісний концентрат.

На підприємстві впроваджена система управління якістю, сертифікована згідно з ISO 9001.

У 2018 році Центральний ГЗК розширив географію своїх поставок, відправивши пробну партію з 40 тисяч тон окатишів до Великої Британії на підприємство Tata Steel.

У 2019 році комбінат запровадив 12 сучасних перетворювачів частоти від швейцарської компанії ABB, які автоматично оптимізують

роботу електродвигунів. Очікуваний економічний ефект від цієї модернізації становитиме 5,5 млн гривень на рік.

Також у цьому році комбінат побудував дільницю тонкого просівання і зневоднення та першим в Україні обладнав дільницю збагачення залізорудної сировини керамічними фільтрами КДФ-90 для випуску високоякісної продукції.

У 2020 році ЦГЗК завершив проект з модернізації обладнання на фабриці збагачення. Воно дає змогу дозбагачувати звичайний концентрат, щоб отримати продукт із вмістом заліза 70,5%. Саме така сировина потрібна для виготовлення окатишів, які використовуються в технології прямого відновлення заліза (DRI).

На Артемівському кар'єрі (№4) ЦГЗК, як і на багатьох інших гірничодобувних підприємствах України, експлуатується значна кількість екскаваторів ЕКГ-8І, які були введені в експлуатацію в 1989-1992 роках. Ці екскаватори мають значний фізичний та моральний знос, що призводить до зниження їхньої продуктивності, збільшення часу простоїв, зростання витрат на ремонт та обслуговування, а також до погіршення умов праці машиністів. В той же час, на підприємстві є досвід експлуатації більш сучасних моделей екскаваторів (ЕКГ-10, ЕКГ-12К), які демонструють кращі техніко-економічні показники. З огляду на це, актуальним є дослідження засобів підвищення технічного рівня екскаваторів, що експлуатуються на Артемівському кар'єрі, та обґрунтування доцільності їх модернізації або заміни.

1. АНАЛІЗ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Загальна характеристика родовища

Кар'єр №4 було створено на базі Артемівського родовища залізистих кварцитів. Його проектна продуктивність варіюється в межах 4 млн тон магнетитових залізистих кварцитів щороку.

Географічні координати родовища: 48°24'30"N 33°23'49"E.

На сьогоднішній день родовище розкрито до горизонту -90 м, а глибина кар'єру сягає 225 м [32].

Розкривні роботи проводяться в північній частині за допомогою тимчасових з'їздів, які використовують автотранспорт. У міру розширення кар'єру до межових розмірів розкриття здійснюватиметься через систему постійних залізничних та автомобільних з'їздів на неробочому боці кар'єру, а також тимчасові транспортні з'їзди на робочому боці.

На північному та східному бортах кар'єру верхні горизонти вже наблизилися до кінцевого контуру. Розкривні породи +135 м – +105 м південного борту, що не потребують вибухових робіт, розробляються із використанням залізничного транспорту[2].

Гірничу масу з нижніх горизонтів транспортується автомобільним транспортом до перевантажувального пункту та бульдозерних відвалів.

Основні параметри транспортних шляхів:

- а) автомобільні з'їзди мають ухил 80‰;
- б) залізничні з'їзди – ухил 30‰;

в) згідно з п. 5.40 СНіП 2.05.07-91, при експлуатації автомобільних доріг до одного року допускається поздовжній ухил до 100‰.

Мінімально допустима ширина двосмугових транспортних доріг для автосамоскидів визначається відповідно до п. 5.18 СНіП 2.05.07-91.

Для безпечного роз'їзду на односмугових дорогах між майданчиками передбачені спеціальні розширення довжиною не менше 30 м, з дорожнім покриттям, що відповідає стандартам [2].

Відстань між такими майданчиками визначається за умовами видимості зустрічного транспорту, але не перевищує 500 м.

Перехідні ділянки від односмугової дороги до майданчика для роз'їзду мають бути довжиною не менше 10 м.

Безпека транспортних шляхів :

- а) ширина запобіжних берм між пухкими та здвоєними 15-метровими уступами в скельних породах – 10 м;
- б) ширина автомобільних транспортних шляхів для кар'єрних самоскидів вантажопідйомністю 130 тон – від 29 до 35 м;
- в) ширина залізничних транспортних шляхів – від 13 до 20 м [16].

1.2 Геологічна характеристика родовища

Рельєф території Артемівського родовища представлений степовою рівниною, яка перерізана численними ярами та балками, що орієнтовані в бік долини річки Зелена. Гідрографічна мережа включає річку Зелену, яка протікає на схід від родовища, однак у літній період вона пересихає, залишаючи після себе каскад ставків[33].

Кліматичні умови району характеризуються континентальністю. Середньорічний температурний показник складає +8 °С. Найнижчі температури фіксуються в лютому (-32 °С), тоді як найвищі значення спостерігаються в липні або на початку серпня (+38 °С). Зимовий період є відносно коротким, супроводжується частими відлигами і зазвичай триває з другої половини листопада до березня. Щорічна кількість опадів варіюється в межах 380–420 мм, подекуди досягаючи 550 мм. Грунт промерзає на глибину близько 0,8 м. Переважаючі напрямки вітру — північний і північно-східний, рідше східний. Середня швидкість вітру становить 5–6 м/с, хоча в окремі періоди може досягати 20 м/с. Основна сфера діяльності в районі родовища — сільське господарство. Джерелом питної води для місцевих населених пунктів слугують колодязі[32].

Промисловий видобуток магнетитових кварцитів у межах родовища розпочався у 1995 році. На сьогоднішній день глибина кар'єру становить 225 м (відмітка мінус 90 м). Протяжність розвіданих покладів сягає 500 м, площа — 1,1 км², а глибина — в межах 550–600 м [32].

Артемівське родовище залізистих кварцитів розташоване в південній частині Правобережної магнітної аномалії, в центральній зоні Криворізько-Кременчуцької структурно-фаціальній області. Геологічна будова регіону представлена метаморфічними та інтрузивними утвореннями, що відносяться до архейського і протерозойського періодів, які згодом були перекриті осадовими відкладами[33].

Структура родовища формується двома основними комплексами порід:

- а) метаморфічними та ультраметаморфічними породами нижнього протерозою, що формують кристалічний фундамент;
- б) пухкими відкладами кайнозойського віку, що залягають субгоризонтально та вкривають докембрійські утворення [33].

1.3 Фактичний стан гірських робіт

Станом на 01.07.2022 року кар'єр №4 ПРАТ «ЦГЗК» розкрито до рівня мінус 90 м. Глибина кар'єру від поверхні становить 210 м, його довжина на поверхні дорівнює 1350 м, а ширина – 1500 м.

Розробка родовища здійснюється за транспортною системою, при якій розкривні породи переміщують у зовнішні відвали. Видобування гірничої маси проводиться уступами за допомогою одноковшових екскаваторів, які навантажують породу в автомобільний або залізничний транспорт. Руда транспортується на фабрику, а розкривні породи вивозять у відвал «Західний» та відвал №3 [2].

Гірничі роботи в кар'єрі №4 розвиваються в південному напрямку вздовж лінії простягання покладу за допомогою поперечних заходок. Поглиблення кар'єру проводиться в межах шарнірної частини рудного покладу, що занурюється на південь під кутом 25–30°.

Уся видобута руда автомобільним транспортом доставляється на перевантажувальний пункт 115/105 м, розташований на північно-східному борту кар'єру, після чого її транспортують залізничним транспортом на фабрику [2].

Розробка Артемівського родовища ведеться пошарово, зверху вниз, з використанням одноковшових екскаваторів моделей ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К та комбінованого автомобільно-залізничного транспорту для доставки руди на збагачувальну фабрику і розкривних порід до відвалів. Поклад руди розробляється поперечними заходками з переміщенням фронту робіт уздовж лінії простягання.

Роботи на горизонтах від +135 м до +100 м, складених м'якими породами, виконуються із завантаженням екскаватором ЕКГ-10 безпосередньо в залізничний транспорт. Скельні й частина м'яких розкривних порід транспортується автомобільним транспортом до

тимчасових відвалів «Південний» та «Західний». Частину скельних розкривних порід доставляють автосамоскидами на перевантажувальний пункт, звідки їх перевантажують у залізничні вагони для транспортування у відвал №3. М'які породи одразу завантажують у залізничний транспорт екскаваторами [2].

Об'єми виробництва та динаміка ключових фінансових показників ПрАТ «ЦГЗК» представлені у таблицях 1.1 та 1.2:

Таблиця. 1.1 – Об'єми виробництва окатишів та концентрата по рокам

Окатиші	Концентрат
2012—2313 млн т	2012 — 6389 млн т
2013—2237 млн т	2013 — 6383 млн т
2014—2256 млн т	2014 — 6411 млн т
2015—2305 млн т	2015 — 6154 млн т
2016—2303 млн т	2016 — 5224 млн т
2017—2250 млн т	2017 — 4726 млн т
2018—2248 млн т	2018 — 4326 млн т
2019—2408 млн т	2019 — 4395 млн т
2020—2482 млн т	2020 — 4826 млн т

Таблиця 1.2 – Динаміка ключових фінансових показників підприємства, млн. дол.

Рік	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Виручка	709.1	527.1	299.6	277.4	403.3	417	467	461
Прибуток без відрахування відсотків	332.2	26 3.2	79.2	124.8	168.6	139	98	186
Рентабельність за EBITDA	46.8%	49.9%	26.4%	45.0%	41.8%	33.39%	21.0%	40.2%
Чистий прибуток	196.5	64.8	31.6	86.6	101.8	83	57	59
Рентабельність прибутку	27.7%	12.3%	10.5%	31.2%	25.2%	19.87%	12.2%	12.9%
Капітальні витрати	55.5	7.2	12.2	36.2	41.9	95	120	67

Аналіз ключових фінансових показників ПрАТ "ЦГЗК" за 2013-2020 роки свідчить про наступне: підприємство пережило складний період у 2014-2016 роках, коли спостерігалось значне зниження виручки та прибутку; у 2017-2019 роках відбувалося поступове відновлення фінансових показників, проте вони залишалися нестабільними; рентабельність за EBITDA та рентабельність чистого прибутку мали значні коливання протягом аналізованого періоду, що вказує на нестабільність операційної ефективності; капітальні витрати також суттєво коливалися, що може свідчити про зміни в інвестиційній стратегії підприємства; незважаючи на складний період 2014-2016 років, підприємство залишалося прибутковим протягом усіх років; спостерігається зростання прибутку у 2020 році.

1.4 Фізико-механічні характеристики корисних копалин

Фізико-механічні властивості кристалічних порід визначаються такими ключовими показниками, як пористість і пов'язана з нею природна вологість.

Рівень пористості значною мірою залежить від мінералогічного складу, структурних особливостей і текстури порід. Для кристалічних утворень цей показник змінюється в межах 2,11–15,52%. Природна вологість залізистих кварцитів варіюється від 0,06% до 0,38%, а для порід, що їх вміщують, цей показник становить 0,06–0,11% [33].

Міцність кристалічних порід оцінюється за шкалою Протод'яконова:

- а) для порід, що містять корисні копалини, значення становить 10–14;
- б) для залізистих кварцитів цей показник вищий – у межах 12–16.

Додаткові факти

Міцність кристалічних порід також може залежати від наявності тріщин та інших дефектів.

Деякі кристалічні породи можуть мати анізотропію властивостей, тобто їх характеристики можуть відрізнятися в різних напрямках.

При видобутку та обробці кристалічних порід важливо враховувати їх фізико-механічні властивості для забезпечення безпеки та ефективності робіт.

Детальні характеристики фізико-механічних властивостей продуктивної товщі порід наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні фізико-механічні властивості порід продуктивної товщі [33]

Найменування порід	Показники				Відсоткове співвідношення різновидів
	щільність т/м ³	Питома вага, $\times 10^4$ Н / м ³	Пористість %	Вологість %	
Кварцит магнетитовий	3,49	3,67	4,37	0,12	80,79
Кварцит магнетит-силікатний	3,32	3,46	3,78	0,13	3,70
Кварцит силікат-магнетитовий	3,50	3,61	3,66	0,07	13,98
Середнє	3,49	3,65	4,39	0,11	100,00

1.5 Балансові та промислові запаси корисних копалин

Ефективне планування та ведення гірничих робіт неможливе без точної інформації про запаси корисних копалин. На ПрАТ "ЦГЗК" ведеться облік балансових запасів залізистих кварцитів (залізних руд) на родовищах, що розробляються. У Таблиці 1.4 представлено стан балансових запасів станом на 01.01.2020 р. за даними форми №5-ГР (Державний баланс запасів корисних копалин).

Дані, наведені в Таблиці 1.4, показують, що ПрАТ "ЦГЗК" має значні запаси залізистих кварцитів, як окислених, так і неокислених.

Загальні балансові запаси (категорій А+В+С1+С2) становлять 2183,7 млн тон.

Розподіл за родовищами:

- а) найбільші запаси зосереджені на родовищі Велика Глеюватка (1135,1 млн тон, або близько 52% від загальних запасів);

- б) значні запаси також є на родовищі шахти ім. Орджонікідзе (581,4 млн тон, або близько 26,6%);
- в) Петрівське родовище має 299,3 млн. тон;
- г) Артемівське родовище має найменші запаси (167,9 млн тон, або близько 7,7%).

Таблиця 1.4 – Стан балансових запасів родовищ «ЦГЗК»

Тип руди (кварцити)	Кількість балансових запасів, млн.т (за даними форми №5-ГР)							
	Категорія запасів						заг.	магн.
	A	B	C1	A+B+C1	C2	A+B+C1 +C2		
Родовище Велика <u>Глеюватка</u>								
окислені	-	65,3	349,8	415,1	68,7	483,8	36,60	-
неокислені	-	121,3	423,8	545,1	106,2	651,3	32,65	23,10
Разом:	-	186,7	773,3	960,2	174,9	1135,1	34,33	-
Артемівське родовище								
неокислені	-	42,8	122,5	165,2	2,78	167,9	38,35	29,6
Петрівське родовище								
неокислені	-	40,1	190,0	230,1	69,3	299,3	32,68	22,88
Родовище шахти ім. Орджонікідзе								
неокислені	8,6	64,3	338,2	410,9	170,6	581,4	36,72	27,91
Усього за родовищами ЦГЗК								
окислені	-	65,3	349,8	415,1	68,7	483,8	36,60	-
неокислені	8,6	268,2	1074,4	1351,2	348,7	1699,9	34,61	25,36
Разом:	8,6	333,5	1424,2	1766,3	417,4	2183,7	35,05	-

Вміст заліза:

- а) середній вміст *загального* заліза (заг.) в неокислених кварцитах становить 34,61%;
- б) середній вміст *магнетитового* заліза (магн.) в неокислених кварцитах становить 25,36%;
- в) вміст заліза в окислених кварцитах вищий (36,60%).

1.6 Режим гірничих робіт, гірничо-геометричний аналіз та календарний план розробки родовища.

Режим функціонування кар'єру подано у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Організація гірничих робіт у кар'єрі

Показники	Добувні роботи	Розкривні роботи
Кількість робочих днів	365	365
Число змін на добу	2	2
Тривалість зміни (год)	12	12

Продуктивність кар'єру.

Кар'єр №4, який функціонує на базі Артемівського родовища залізистих кварцитів, має проектну потужність у межах 4 млн тонн магнетитових кварцитів щорічно. У 2014 році було розроблено новий проект, який наразі проходить експертну оцінку. Запланований обсяг видобутку на 2018 рік становив 1,8 млн тон магнетитових кварцитів із подальшим зростанням до 3 млн тон на рік у 2020 році.

Термін експлуатації.

Станом на 01.01.2016 р. запаси в межах проектного контуру кар'єру, класифіковані за категоріями А+В+С1, оцінювалися у 165,2 млн тон. Відповідно, передбачуваний термін роботи кар'єру становить близько 40 років.

Гірничо-геометричний аналіз.

Аналіз геометричних параметрів родовища здійснено відповідно до методики В.В. Ржевського. Результати розрахунків представлені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Гірничо-геометричний аналіз параметрів родовища

Етап	Глибина, м	Довжина ординати	Довжина ординати	Кв,м3/м3	Довжина кар'єру, м	Об'єм п/і	Обсяг нед
2 етап	-30	231	589	2,7	1705	11730000	29988000
3 етап	-60	250	694	2,9	1650	12250800	34095600
4 етап	-90	187	895	4,9	1585	8816400	42375600
5 етап	-120	222	1024	4,7	1525	10077600	46648800
6 етап	-150	396	1218	3,2	1465	17301000	53304600
7 етап	-180	199	1317	6,7	1405	8316000	55272000
8 етап	-210	161	1429	8,8	1338	6432000	57405600
9 етап	-240	201	1516	7,5	1285	7680000	58176000
10 етап	-270	265	1639	6,1	1225	9662400	59950800
11 етап	-300	325	1706	5,4	925	8942400	47058000
12 етап	-330	330	1789	5,5	705	6968220	37869840
13 етап	-360	360	1304	3,7	495	5298840	19247040
14 етап	-390	364	435	1,3	279	3027420	3619560
15 етап	-405	366	0	0	62	700800	0

Календарний план розвитку гірничих робіт.

Для забезпечення планомірного видобутку корисної копалини та розкритих порід на Артемівському кар'єрі (№4) розроблено календарний план розвитку гірничих робіт. Цей план визначає обсяги робіт на різні періоди часу (етапи) та послідовність їх виконання. У Таблиці 1.7 наведено основні показники календарного плану розвитку гірничих робіт для кар'єру №4 при проектній продуктивності 1250 тис. м³ на рік на період з 2021 по 2040 рік [2].

Таблиця 1.7 – Календарний план розвитку гірничих робіт при продуктивності кар'єру №4 (1 250 тис. м³)

Етап	Об'єм руди, тис м ³	Об'єм гірничої маси тис, м ³	Об'єм розкриття, тис м ³	Об'єм розкриття, тис м ³	кв, м ³ /м ³	Термін відпрацювання етапу, років	Продуктивність кар'єру по розкриттю, тис.м ³ /рік
2	11735	41719	29988	29988	2,7	9,5	3195,79
3	12250,	46346	34095,6	34095,6	2,8	9,9	3478,91
4	8816,2	51193	42375,6	42375,6	4,8	7	6008,5
5	10077	56726	46648,8	46648,8	4,6	8	5786,6
6	17305	70605,7	53304,6	53304,6	3,1	14	3851,8
7	8318	63589	55272	55272	6,6	6,8	8308,4
8	6433	63837	57405,6	57405,6	8,9	5,2	11156,5
9	7681	65857	58176	58176	7,6	6,2	9468
10	9662	69614	59950,8	59950,8	6,2	7,8	7755,5
11	8942	56001	47058	47058	5,3	7,3	6577,1
12	6968	44839	37869,8	37869,84	5,4	5,7	6793,3
13	5298,4	24546	19247,0	19247,04	3,6	4,3	4540,8
14	3027	6647	3619,56	3619,56	1,2	2,5	1494,9
15	702	702	0	0	0	0,8	0
Усього	117203,9	662215,	545011,	545011,4	4,8	93,5	

На обсяги видобутку корисних копалин і розкриття порід безпосередньо впливають кілька ключових факторів. До основних обмежень виробничої потужності кар'єру належать:

- а) провізна спроможність транспортних шляхів;
- б) швидкість розвитку гірничих робіт (щорічне зниження рівня виїмки);
- в) кількість та експлуатаційна ефективність використовуваних екскаваторів.

2. ВИВЧЕННЯ ПРИЧИН ПРОСТОЇВ ОСНОВНОГО ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В АРТЕМІВСЬКОМУ КАР'ЄРІ

2.1 Характеристика та опис основного виймально- навантажувального обладнання кар'єру №4

Виймально-навантажувальне обладнання відіграє ключову роль у гірничодобувній промисловості, яка характеризується масштабним видобутком корисних копалин. Сучасні кар'єри оснащені потужними машинами та комплексами, що забезпечують ефективний та безперебійний процес розробки родовищ. До основного виймально-навантажувального обладнання кар'єру належать, перш за все, екскаватори.

Екскаватори кар'єрного типу – це машини циклічної дії, призначені для розробки та навантаження гірської маси у транспортні засоби. Вони характеризуються високою продуктивністю, великою одиничною потужністю і здатністю працювати у складних гірничо-геологічних умовах. Зазвичай, це великогабаритні машини, що не передбачають частих переміщень на великі відстані в процесі роботи.

Зі зростанням обсягів видобутку, збільшенням випуску продукції та впровадженням великотоннажних автосамоскидів вантажопідйомністю 135т, виникає потреба в екскаваторах з більшим об'ємом ковша. Наприклад, на підприємствах, подібних до ЦГЗК, з 2018 року спостерігається зростання попиту на екскаватори з ковшами об'ємом 12 м³. Це пов'язано з необхідністю оптимізації процесу навантаження та підвищення ефективності роботи всього гірничодобувного комплексу. Водночас, при виборі нових моделей екскаваторів (таких як ЕКГ 12К)

підприємства враховують фактори експлуатаційної надійності, наявність референцій та досвід експлуатації. До недавнього часу вибір подібної техніки міг бути обмеженим.

Таким чином, вибір виймально-навантажувального обладнання, зокрема екскаваторів, для кар'єру є стратегічним рішенням, що впливає на продуктивність, економічну ефективність та загальну рентабельність гірничодобувного підприємства.

На Артемівському кар'єрі ЦГЗК використовується декілька моделей екскаваторів, що відрізняються за своїми технічними характеристиками та призначенням. В таблиці 2.1 наведено опис основного виймально-навантажувального обладнання кар'єру.

Табл. 2.1 - Перелік екскаваторів, що використовуються на Артемівському кар'єрі

Призначення	Тип екскаватора	Кількість одиниць
Вибій	ЕКГ-8І	3
	ЕКГ-10	2
	ЕКГ-12К	2
Перевантажувальний пункт	ЕКГ-8І	1
Укладання розкривних порід у відвал	ЕКГ-8І	1
	ЕШ-10/70	1
	ЕШ-10/100	1

Основний спосіб роботи механічних лопат – навантаження в транспорт на рівні встановлення екскаватора. Верхнє навантаження використовується рідше, здебільшого під час розробки нижніх уступів, створення нових горизонтів чи траншей.

Ефективність роботи виймально-навантажувальної техніки значною мірою залежить від узгодженості процесу виїмки та навантаження з іншими пов'язаними операціями, такими як:

- а) підготовка ділянок до виїмки;
- б) транспортування породи;
- в) виконання допоміжних робіт.

Для забезпечення такої узгодженості практикується складання паспортів вибоїв і типових технологічних схем гірничих робіт. У цих документах детально прописано зв'язок між технологіями і механізацією всіх основних та допоміжних процесів, включаючи гірничі, транспортні та підготовчі роботи.

Тип: ЕКГ - це електричні, гусеничні, повноповоротні одноковшові екскаватори. Вони мають великі розміри та високу продуктивність, що дозволяє їм ефективно працювати у важких умовах.

Конструкція: екскаватори ЕКГ мають міцну конструкцію, яка забезпечує їх надійність та довговічність. Вони оснащені потужними двигунами та механізмами, що дозволяє їм розробляти тверді породи та виконувати великі обсяги робіт. Керуються оператором з кабіни, яка зазвичай розташована на поворотній платформі. Сучасні моделі ЕКГ оснащені системами управління, які полегшують роботу оператора та підвищують точність виконання операцій.

На Артемівському кар'єрі експлуатуються екскаватори трьох моделей: ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ-12К (Рис. 2.2 – 2.4).

Екскаватори, задіяні у кар'єрі при навантаженні гірничої маси, мають канатний механізм напору та мають однакову принципову схему. На Рис. 2.1 представлено загальний вигляд екскаватора ЕКГ з канатним механізмом напору.

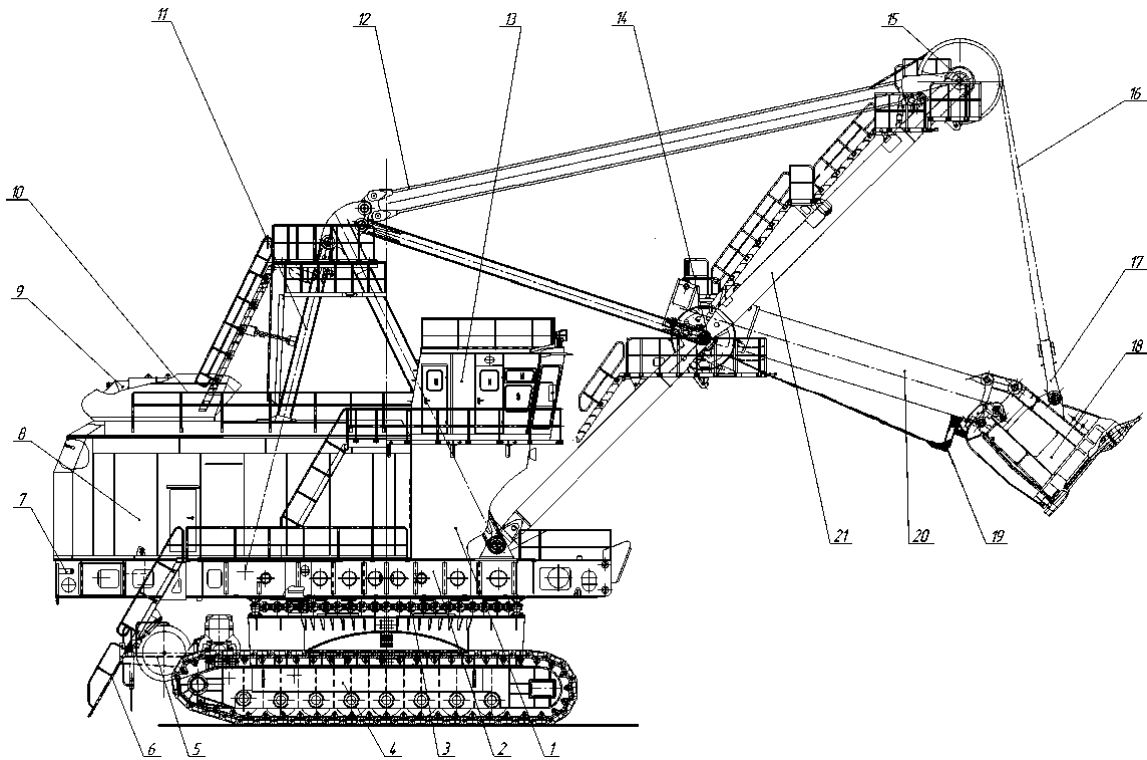


Рисунок 2.1 - Екскаватор кар'єрний гусеничний з канатним напором: 1 - підкабінний модуль; 2 – поворотна платформа; 3 – роликівий круг; 4 – ходовий візок; 5 – кабельний барабан; 6 – вхідні сходи; 7 - противага; 8 – кузов; 9 – вентиляційний модуль; 10 – сходи та майданчики кузова; 11 – двонога стійка; 12 - підвіска стріли; 13 – кабіна машиніста; 14 - сідловий підшипник; 15 – головні блоки; 16 - підйомні канати; 17-підвіска ковша; 18 – ківш; 19 – механізм відкривання днища ковша; 20 - рукоять; 21 – стріла.



Рисунок 2.2 - Екскатор з об'ємом ковша 8м³ ЕКГ-8І.

Екскатор ЕКГ-8І є найстарішою моделлю, що використовується на кар'єрі. В таблиці 2.2 представлені основні технічні характеристики екскаватора ЕКГ-8І.

Таблиця 2.2 - Технічна характеристика ЕКГ-8І

Найменування параметрів	Показники
Ємність ковша, м ³	8
Радіус черпання, м	18,4
Висота черпання, м	13,5
Радіус розвантаження, м	16,3
Висота розвантаження при найбільшому радіусі, м	5,7
Висота розвантаження, м	8,6
Радіус черпання на обрії установки, м	12,2
Висота екскаватора без стріли, м	11,2
Довжина гусеничного ходу, м	8
Ширина гусеничного ходу, м	6,98
Маса екскаватора, т	337
Потужність мережевого двигуна, кВт	520

На рис. 2.3 представлений більш сучасний екскаватор порівняно з ЕКГ-8І з об'ємом ковша 10м³.



Рисунок 2.3 – Екскаватор ЕКГ-10

Екскаватор ЕКГ-10 порівняно з ЕКГ-8І, має більшу потужність та продуктивність.

Переваги:

- висока продуктивність;
- надійність і довговічність;
- простота в управлінні та обслуговуванні;
- можливість роботи у важких умовах;

Завдяки своїм технічним характеристикам та надійності, ЕКГ-10 є ефективним рішенням для виконання різноманітних завдань у гірничодобувній промисловості та будівництві.

Основні характеристики представлені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики ЕКГ-10

Найменування параметрів	Показники
Місткість ковша, м ³	10,0
Робоча маса, кг	395000
Конструктивна маса, кг	334000
Маса основного ковша, кг	16200
Довжина стріли, м	13,8
Довжина рукояті, м	11,1
Кут нахилу стріли, град	45
Максимальна висота розвантаження, м	8,6
Максимальний радіус розвантаження, м	16,3
Максимальна висота копання, м	13,5
Максимальний радіус копання, м	18,4
Максимальний радіус копання на рівні стояння, м	12,6
Кліренс під поворотною платформою, м	2,7
Висота по кабіні, м	8,6
Відстань від осі п'яти стріли до центру обертання, м	2,4
Середній тиск на ґрунт при пересуванні, кПа	216
Максимальне зусилля на підвіс ковша, кН	0,8
Номінальна потужність:	
- мережевого двигуна, кВт	800
- трансформатора, кВт	160
Розрахункова тривалість циклу, с	26

Технічна характеристика ЕКГ-12К

На рис. 2.4 представлений екскаватор з об'ємом ковша 12м³.



Рисунок 2.4 – Екскаватор ЕКГ-12К

Екскаватор ЕКГ-12К є найновішою та найпотужнішою моделлю, що використовується на Артемівському кар'єрі.

Екскаватор ЕКГ-12К є розробкою російського виробника "ИЗ-КАРТЭКС імені П.Г.Коробкова". Він позиціонується як удосконалена модель, створена з урахуванням конструктивних особливостей попередніх екскаваторів виробництва "ИЗ-КАРТЭКС".

Потужність та розміри: ЕКГ-12К є першим російським екскаватором такої потужності, впровадженим на Інгулецькому гірничо-збагачувальному комбінаті в Україні. Об'єм ковша становить 12 кубічних метрів, що є значним розміром, оскільки раніше на Інгулецькому кар'єрі використовувалися екскаватори з ковшами 8 та 10 кубічних метрів того ж виробника.

Технічні характеристики ЕКГ-12К представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики ЕКГ-12К

Параметр	Значення
Маса, кг	600000
Швидкість руху, км/год	1
Місткість ковша, м ³	12
Тривалість циклу, с	26
Максимальна висота розвантаження, м	18,5
Максимальний радіус розвантаження, м	10,5
Максимальний радіус копання на рівні стояння, м	14
Максимальна висота копання, м	15
Потужність мережевого двигуна, кВт	1250
Ширина гусеничного ходу, м	8,2 / 9,0
Радіус хвостової частини, м	8,6
Середній питомий тиск на ґрунт при пересуванні, кг/см ²	2,5 / 2,0
Зусилля на блоці ковша, тс	125

Основні вимоги до умов експлуатації екскаваторів [22]:

- температура навколишнього середовища варіюється від -40 °С до +40 °С для кліматичних умов експлуатації;
- висота над рівнем моря не повинна перевищувати 1000 м;
- навколишнє середовище не повинно бути вибухонебезпечним або пожежонебезпечним;
- коливання напруги живлення екскаватора повинно знаходитися в межах від -5% до +10%;
- допустимий кут нахилу екскаватора під час роботи не більше 5 градусів;

- для розробки порід категорій III, IV та V* необхідно попереднє розпушування, що забезпечує вільне розміщення шматків породи в ковші;
- якісні показники вибою повинні відповідати стандартам ОСТ 24.072.11-80;
- середній розмір шматка в діаметрі повинен бути трохи більше 300 мм;
- наявність фракцій, що перевищують розмір ковша (понад 2/3 найменшого розміру зіва), не повинна перевищувати 2%;
- у вибої не повинно бути нерозпушених ділянок, включаючи підшву уступу.

Класифікація ґрунтів по складності розробки передбачає кілька категорій. Вони визначаються відповідно до типу і щільності (вказана в кг/куб. м) породи:

- III (600 – 1600) – крупний гравій, жирна глина, кореневий шар ґрунту, важкий суглинок, що включає присутність щебеню і гальки;
- IV (1750 – 1900) – різноманітні типи глини – важка, сланцева, жирна з щебенем;
- V – VII (1200 – 2800) – дресва, вапняк черепашкового походження, крейдяні і сланцеві структури, туф, отверділий ліс;

Розрахункова експлуатаційна продуктивність екскаватора визначається з урахуванням втрат робочого часу, пов'язаних з немінучими організаційними і технічними простоями. Змінна експлуатаційна продуктивність для всіх видів екскаваторів визначається за формулою:

$$Q_{зм} = \frac{3600 \cdot E \cdot k_n}{t_{ц} \cdot k_p} \cdot T_{зм} \cdot K_{вук}, \text{ м}^3/\text{зм}, \quad (2.1)$$

Змінна розрахункова продуктивність екскаваторів представлена в таблиці 2.5:

Таблиця 2.5 - Розрахункова продуктивність екскаваторів

Параметр	ЕКГ-10	ЕКГ-12К	ЕКГ-8І	Формула розрахунку
Ємність ковша, м ³ (Е)	10.0	12.0	8.0	
Тривалість циклу, с (t _ц)	26	24	28	
Коефіцієнт наповнення ковша (к _н)	0.9	0.9	0.9	
Коефіцієнт розпушення породи (к _р)	1.3	1.3	1.3	
Коефіцієнт використання часу (К _{вик})	0.7	0.7	0.7	
Змінний час роботи, год (Т _{зм})	11,5	11,5	11,5	
Експлуатаційна продуктивність, м ³ /зміну (Q _{зм})	7716,2	9259,9	6173,3	$Q_{зм} = \frac{3600 \cdot E \cdot k_n \cdot T_{зм}}{t_c \cdot k_p} \cdot K_{вик}$

2.2 Загальний аналіз технічного стану екскаваторів

Простої та непередбачені зупинки екскаваторів безпосередньо впливають на економічні показники підприємства. Ці зупинки часто пов'язані з несприятливими умовами експлуатації, що негативно

впливають на технічний стан машини та знижують ефективність її використання [18].

Одним із основних завдань у рамках дослідження є оцінка технічного стану екскаваторів, що експлуатуються на підприємстві ЦГЗК Артемівський кар'єр. Для цього буде проведено аналіз парку екскаваторів, їх технічних характеристик та основних причин відмов.

Кар'єрні електричні екскаватори (ЕКГ) задіяні на Артемівському кар'єрі є повноповоротними одноковшовими гірничими машинами, працюють в циклічному режимі. Робоче обладнання екскаватора ЕКГ виконано у вигляді "прямої механічної лопати", призначеної для розробки ґрунтів, розташованих вище рівня стоянки екскаватора. Екскаватори серії ЕКГ відрізняються маневреністю та простотою управління.

Технічний стан екскаваторів визначається ступенем зношеності та працездатності їх вузлів та агрегатів. Основними причинами відмов та простоїв екскаваторів є:

а) знос та пошкодження механічного обладнання:

1) знос та пошкодження редукторів, зубчастих передач, валів, підшипників, муфт та інших елементів трансмісії, пневмосистеми, тормозних шківів, втулок, болтових з'єднань;

2) знос та пошкодження робочого обладнання: ковша, рукояті, стріли, напірного, підйомного та поворотного механізмів, тросів приводу напору та підйому;

3) знос та пошкодження ходового обладнання: бортових редукторів, гусеничних траків, ведучої зірки, опорних та натяжних катків, осей та втулок катків механізму ходу.

б) відмови електричного обладнання:

1) знос та пошкодження електродвигунів, генераторів, трансформаторів, кабелів та іншої електроапаратури;

2) збої в роботі систем управління та автоматики.

в) **зовнішні фактори:**

1) складні гірничо-геологічні умови: міцність та абразивність порід, наявність негабаритів, нерівномірність забою;

2) несприятливі погодні умови: низькі або високі температури, опади, ожеледиця;

3) порушення правил експлуатації: перевантаження, неправильне керування, недостатнє технічне обслуговування.

Кар'єрні екскаватори, що працюють на підприємстві, мають різний вік та рівень зношеності, що безпосередньо впливає на їх працездатність.. В таблиці 26 представлені строки вводу в експлуатацію екскаваторів Артемівського кар'єру.

Таблиця 2.6 – Строки введення в експлуатацію екскаваторів Артемівського кар'єру

Модель екскаватора	Номер екскаватора	Рік введення в експлуатацію
ЕКГ 8I	12	1990
ЕКГ 8I	28	1991
ЕКГ 8I	25	1989
ЕКГ 8I	50	1990
ЕКГ 8I	61	1992
ЕКГ 10	33	2010
ЕКГ 10	34	2012
ЕКГ 12K	2	2019
ЕКГ 12K	8	2020

2.3. Методи збору первинної інформації

Для досягнення мети дослідження було використано комплексний підхід до збору первинної інформації, що включав:

а) аналіз звітної документації Артемівського кар'єру ЦГЗК:

1) *місячні та квартальні звіти про виконання планових показників роботи екскаваторів за 1 квартал 2023 року. Ці звіти містять дані про обсяги видобутку (тис. м³), напрацювання екскаваторів, час простоїв та їх причини. Дані за 1 квартал 2023 року було обрано як репрезентативний період, що відображає типові умови роботи екскаваторів на кар'єрі [3];*

2) *дані технічного відділу Артемівського кар'єру, що включають інформацію про напрацювання кожного екскаватора, а також відомості про планові та позапланові ремонти [3];*

3) *дані про ремонтні роботи, надані підрядною організацією "Кривбасремонт", яка здійснює ремонт екскаваторів на кар'єрі. Ці дані містять інформацію про види ремонтів, їх тривалість та вартість [4].*

б) аналіз журналів обліку технічного стану екскаваторів: У цих журналах фіксуються результати щозмінного огляду екскаваторів, що включає перевірку стану канатів (наявність обривів, зносу), кріплень, гальмівної системи, редукторів, електродвигунів та інших ключових вузлів;

в) вивчення технічної документації: Було проаналізовано паспорти екскаваторних забоїв №7 [5], №14 [6], №21 [7], інструкції з експлуатації екскаваторів ЕКГ-10 [9], ЕКГ-8І [8] та ЕКГ-12К [10], а також схеми безпечного робочого простору (БРП) [11]. Було отримано інформацію про технічні характеристики екскаваторів, дані про їх введення в експлуатацію та проведені ремонти.

г) **проведення безпосередніх спостережень:** Під час проходження переддипломної практики на Артемівському кар'єрі, а також під час роботи машиністом екскаватора, було організовано спостереження за роботою екскаваторів ЕКГ-8І, №12, ЕКГ-10 №33 та ЕКГ-12К №8. Фіксувався час початку та закінчення роботи, тривалість та причини простоїв, візуально оцінювався стан деталей механізмів, робочі параметри. Це дозволило отримати додаткову інформацію, яка не фіксується в офіційній звітній документації.

Обґрунтування вибору джерел даних: обрані джерела даних є найбільш повними та достовірними, оскільки вони відображають реальну роботу екскаваторів на Артемівському кар'єрі. Звіти та журнали є офіційними документами підприємства, що забезпечує їх надійність. Безпосередні спостереження дозволили отримати додаткову інформацію, яка не фіксується в документах, та глибше зрозуміти особливості експлуатації екскаваторів.

2.4 Аналіз основних показників роботи екскаваторного парку.

2.4.1 Аналіз виробничих показників

З метою виявлення проблемних аспектів у роботі екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ-12К на Артемівському кар'єрі ЦГЗК, а також для обґрунтування подальших пропозицій щодо підвищення їх технічного рівня, було проведено аналіз ключових показників їхньої роботи. Цей аналіз включає оцінку виконання планових завдань з видобутку гірничої маси, аналіз часу простоїв та їх структури, а також зіставлення показників роботи різних моделей екскаваторів. Джерелами даних для аналізу слугували звіти підприємства, журнали обліку технічного стану

та результати безпосередніх спостережень методика збору яких описана в розділі 2.3. У таблиці 2.7 представлені планові показники роботи екскаваторів Артемівського кар'єру за січень-квітень 2023 року

Таблиця 2.7 - Виконання планових показників роботи екскаваторів Артемівського кар'єру за січень-квітень 2023 року, тис. м³

№ Екс	Горизонт	Січень		Лютий		Березень		Квітень	
		План, тис. м3	Факт, тис. м3	План, тис. м3	Факт, тис. м3	План, тис. м3	Факт, тис. м3	План, тис. м3	Факт, тис. м3
2	-30м, -45м	152,4	155,35	155	155,4	170	167,3	156	149,2
8	+60м, +45м	167	170	168	160,2	170	174,6	150	152,3
25	-60м, -45м	70	63,0	80	78,6	73	72,2	75	74,5
33	+135м +125м	96,5	95,4	98	99,2	117	117	134	122,3
34	+60м; +45м	98	95,3	88	81,6	117	110	91	88,4
50	+135м	70	63,8	68	60,3	77	75	88	75,6
61	+105м	51,43	52,2	52,035	53,4	54	54	54	53,5
12	+165м	50	45,6	45	45	38	38	40	33,2
28	+150м	30	30	35	35	45	45	45	46,5

Дані, представлені в Таблиці 2.7, свідчать про неоднорідну картину виконання планових показників роботи екскаваторів різних моделей на Артемівському кар'єрі протягом січня-квітня 2023 року.

У більшості випадків спостерігається незначне недовиконання або перевиконання планових показників.

Групування за моделями:

а) **ЕКГ-12К (№2, №8):** Ці найновіші екскаватори демонструють, загалом, найкращі результати. Екскаватор №2 майже завжди виконує або перевиконує план. Екскаватор №8 також показує стабільно високі результати, хоча в лютому було незначне недовиконання;

б) **ЕКГ-10 (№33, №34):** Результати цих екскаваторів є менш стабільними. Екскаватор №33 демонструє кращі показники, ніж №34;

в) **ЕКГ-8І (№25, №50, №61, №12, №28)**: Найстаріші екскаватори, введені в експлуатацію в 1989-1992 роках, показують найбільш нестабільні результати і, в середньому, гірше виконання плану. Особливо виділяється екскаватор №12 з найгіршими показниками.

Продуктивність усіх екскаваторів змінюється від місяця до місяця. Найбільш нові екскаватори (ЕКГ-12К) загалом демонструють кращу продуктивність у порівнянні з більш старими ЕКГ-8І.

Аналіз виконання планових показників свідчить про те, що на продуктивність екскаваторів впливають як їх модель (і, відповідно, технічні характеристики), так і рік введення в експлуатацію. Новіші екскаватори ЕКГ-12К мають перевагу над старішими ЕКГ-8І.

2.4.2 Аналіз простоїв екскаваторів

Одним із ключових факторів, що впливають на продуктивність екскаваторного парку, є час простоїв. Аналіз структури та тривалості простоїв дозволяє виявити причини зниження ефективності роботи екскаваторів та визначити напрямки для вдосконалення технічного обслуговування та організації робіт. Нижче у табл. 2.8 представлено дані про час простоїв екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ-12К на Артемівському кар'єрі за січень-квітень 2023 року.

Таблиця 2.8 - Час простоїв екскаваторів Артемівського кар'єру за січень-квітень 2023 року.

№ Екс	Горизонт	Січень		Лютий		Березень		Квітень	
		Перегон, год.	Рем., год.	Перегон, год.	Рем., год.	Перегон, год.	Рем., год.	Перегон, год.	Рем., год.
2	-30м, 45м	12	11	12	10	12	14	12	13
8	+60м, +45м	12	9	12	12	12	10	12	11
25	-60м, -45м	12	31	12	36	12	22	12	30
33	135м. 125м	12	16	12	17	12	20	12	18
34	+60м; +45м	12	18	12	20	12	19	12	22
50	+135м	12	29	12	25	12	27	12	30
61	+105м	0	16	0	22	0	23	0	24
12	+165м	0	16	0	21	0	30	0	23
28	+150м	12	33	12	30	12	29	12	25

Дані Таблиці 2.8 показують значні коливання часу простоїв екскаваторів, пов'язаних з ремонтами, протягом січня-квітня 2023 року.

Простої на ремонт є суттєвим фактором, що впливає на роботу екскаваторів.

Групування за моделями:

а) ЕКГ-12К (№2, №8): Ці екскаватори мають відносно невеликі простої на ремонт, що свідчить про їхню вищу надійність;

б) ЕКГ-10 (№33, №34): Простої цих екскаваторів є більш значними та варіативними;

в) ЕКГ-8І (№25, №50, №61, №12, №28): Найстаріші екскаватори мають найбільші простої, пов'язані з ремонтами. Особливо виділяються екскаватори №25, №50 та №28 з дуже великим часом простоїв;

г) порівняння з роком вводу: Чітко простежується тенденція до збільшення часу простоїв на ремонт зі збільшенням віку екскаватора;

д) зв'язок з продуктивністю: Екскаватори з великими простоями (особливо ЕКГ-8І) мають, як правило, і гірші показники виконання плану.

Аналіз часу простоїв підтверджує, що технічний стан екскаваторів, особливо старіших моделей ЕКГ-8І, є суттєвим фактором, що обмежує їхню продуктивність. Необхідні заходи щодо скорочення часу простоїв, пов'язаних з ремонтами.





2.4.3 Аналіз основних поломок екскаваторів





Як показав попередній аналіз часу простоїв (підрозділ 2.4.2), значна частина часу, протягом якого екскаватори не виконують свої функції, припадає на ремонти. Для більш детального розуміння причин цих простоїв, а також для визначення найбільш вразливих вузлів та агрегатів, було проаналізовано перелік основних поломок, що виникають при експлуатації екскаваторів ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ-12К на Артемівському кар'єрі.





Дані про поломки, час, необхідний на їх усунення, а також інформацію про те, для яких моделей екскаваторів характерні ті чи інші поломки, представлені в Таблиці 2.9.

Табл. 2.9 - Основні поломки екскаваторів Артемівського кар'єру

<p>Виход з ладу механізму відкривання днища ковша (ЕКГ-8І)</p>		<p>Заміна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - засова; - планки; - шплінта; - болтів; - мотузки. <p>Ремонт:</p> <ul style="list-style-type: none"> - цепка; - важеля. 	<p>4 год 3 год 1 год 1 год 1 год</p> <p>1 год 2 год</p>
<p>Знос та поломка зубів ковша (ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К)</p>		<p>Заміна зубів ковша</p>	<p>2 год</p>
<p>Заміна шестерень та валів редукторів приводів (ЕКГ-8І)</p>		<p>Заміна:</p> <ul style="list-style-type: none"> - бистрохідного валу - тихохідного валу - шестерні 	<p>14 год 12 год 12 год</p>
<p>Обрив шпильок кріплення ковша (ЕКГ-12К)</p>		<p>Заміна шпильки кріплення коша</p>	<p>2 год</p>
<p>Знос втулок малих опорних та натяжних коліс(ЕКГ-8І)</p>		<p>Заміна колеса з втулкою</p>	<p>8год</p>

<p>Розрив гусеничних траків (ЕКГ-8І)</p>		<p>Заміна трака</p>	<p>5 год</p>
<p>Виход з ладу електричних вимикачів, пускачів (ЕКГ-8І)</p>		<p>Заміна вимикача</p>	<p>1,5 год</p>
<p>Порив тросів приводів підйому та напору(ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К)</p>		<p>Заміна троса лебідки підйому, напору</p>	<p>12 год 10 год</p>
<p>Псування колекторів, щіткового апарату (ЕКГ-8І, ЕКГ-10)</p>		<p>Ремонт щіткового апарату, колекторів</p>	<p>2 год</p>
<p>Знос пальців з'єднань робочих механізмів(ЕКГ-8І, ЕКГ-10)</p>		<p>Заміна пальця</p>	<p>4 год</p>

<p>Обрив проушини коромисла ковша(ЕКГ-8I)</p>		<p>Заміна коромисла ковша</p>	<p>6 год</p>
<p>Тріщини, облом салазок днища ковша(ЕКГ-8I, ЕКГ-10)</p>		<p>Заміна салазки</p>	<p>4 год</p>
<p>Тріщини основних силових конструкцій – двунової стойки, стріли(ЕКГ-8I)</p>		<p>Ремонт оновних силових конструкцій</p>	<p>4 год</p>
<p>Знос ковша(ЕКГ-12К)</p>		<p>Заміна ковша</p>	<p>18 год</p>
<p>Обрив болтових кріплень на сідловому підшипнику(ЕКГ-8I)</p>		<p>Заміна болтів</p>	<p>40 хв.</p>

<p>Вихід з ладу підшипників валів у редукторах(ЕКГ-8I)</p>		<p>Заміна підшипника</p>	<p>8 год</p>
<p>Вихід з ладу канатних блоків (ЕКГ-8I)</p>		<p>Заміна головних, двуручових блоків</p>	<p>18 год</p>
<p>Вихід з ладу кабеля живлення екскаватора в районі опресовки(ЕКГ-8I, ЕКГ-10, ЕКГ-12К)</p>		<p>Ремонт наконечників кабелю</p>	<p>1 год</p>
<p>Вихід з ладу обмотки кабелю живлення(ЕКГ-10)</p>		<p>Ремонт обмотки</p>	<p>1 год</p>

Аналіз переліку основних поломок у розрізі типів екскаваторів, що експлуатуються на кар'єрі, дозволяє зробити наступні важливі спостереження. По-перше, чітко простежується тенденція до

збільшення кількості та різноманітності поломок у старіших екскаваторів, особливо ЕКГ-8І. Ці машини, введені в експлуатацію в 1989-1992 роках, мають значний ступінь зносу основних вузлів та агрегатів, що призводить до частіших виходів з ладу.

Зокрема, для ЕКГ-8І характерні такі тривалі та складні ремонти, як:

а) заміна головних та дворучових блоків (18 годин);

б) заміна шестерень та валів редукторів приводів (12-14 годин) ;

в) вихід з ладу підшипників валів у редукторах (8 годин, але може бути частиною більш тривалого ремонту) ;

г) ремонт основних силових конструкцій (тріщини двонової стійки, стріли) – 4 години;

д) розрив гусеничних траків (5 годин) ;

е) вихід з ладу механізму відкриття днища ковша.

Крім того, для ЕКГ-8І характерна велика кількість менш тривалих, але частих поломок, таких як вихід з ладу електричних вимикачів та пускачів, обрив болтових кріплень, проблеми з колекторами та щітковим апаратом.

Екскаватори ЕКГ-10, введені в експлуатацію значно пізніше (2010-2012 роки), демонструють меншу кількість поломок, ніж ЕКГ-8І. Проте, і для них характерні деякі проблеми, зокрема, пошкодження колекторів, знос пальців з'єднань робочих механізмів, тріщини та облом салазок днища ковша, вихід з ладу кабельної продукції.

Найновіші екскаватори ЕКГ-12К (2019-2020 роки введення в експлуатацію) поки що мають найменший перелік поломок. Найбільш серйозною проблемою для них є знос ковша, що потребує його заміни (18 годин). Також для ЕКГ-12К характерні пориви тросів та обрив шпильок кріплення ковша.

Такий розподіл поломок за типами екскаваторів підтверджує загальну закономірність: чим старша машина, тим більша ймовірність

виникнення різних несправностей, і тим більше часу потрібно на їх усунення. Це, в свою чергу, призводить до збільшення часу простоїв і зниження продуктивності старіших екскаваторів.

Таким чином, аналіз переліку основних поломок підтверджує, що найбільш вразливими до поломок є екскаватори ЕКГ-8І, що мають найбільший вік та, відповідно, найбільший ступінь зносу.

Висновки до розділу 2.

Технічний стан екскаваторного парку Артемівського кар'єру характеризується значною неоднорідністю. Нові екскаватори ЕКГ-12К демонструють значно кращі показники продуктивності та надійності, ніж старі ЕКГ-8І, технічний стан яких наближається до критичного. Це свідчить про нагальну необхідність оновлення парку екскаваторів, а також про вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту, з першочерговою увагою до старіших машин. Результати цього аналізу будуть використані в наступному розділі для обґрунтування конкретних пропозицій щодо підвищення технічного рівня екскаваторів.

3. РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ ВИЙМАЛЬНО-НАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

3.1. Обґрунтування необхідності підвищення технічного рівня екскаваторів

Проведений у розділі 2 аналіз основних показників роботи екскаваторного парку Артемівського кар'єру ЦГЗК виявив низку проблем, які негативно впливають на ефективність видобутку гірничої маси та економічні показники підприємства. Ці проблеми, в першу чергу, пов'язані з технічним станом екскаваторів, особливо старіших моделей ЕКГ-8І.

Ключові проблеми, що обґрунтовують необхідність підвищення технічного рівня екскаваторів, включають:

1. Низька продуктивність старіших екскаваторів: екскаватори ЕКГ-8І, введені в експлуатацію в 1989-1992 роках, демонструють значно гірші показники виконання планових завдань з видобутку порівняно з новішими екскаваторами ЕКГ-10 та ЕКГ-12К. Це свідчить про зниження їхньої ефективності внаслідок фізичного та морального зносу.

2. Значні простой через ремонти: час простоїв екскаваторів ЕКГ-8І, пов'язаний з ремонтами, є суттєво вищим, ніж у новіших моделей. Це призводить до втрати робочого часу, зниження обсягів видобутку та збільшення витрат на обслуговування.

3. Часті поломки: аналіз основних поломок показав, що для екскаваторів ЕКГ-8І характерна велика кількість як тривалих, так і менш тривалих, але частих поломок, що охоплюють різні вузли та агрегати. Це свідчить про загальний знос цих машин і високий ризик виникнення аварійних ситуацій.

4. Моральне старіння екскаватори ЕКГ-8І застаріли не тільки фізично, а й морально.

Таким чином, підвищення технічного рівня екскаваторів, особливо ЕКГ-8І, є *необхідним заходом* для забезпечення стабільної та ефективної роботи Артемівського кар'єру, підвищення продуктивності праці, зниження собівартості видобутку та покращення економічних показників підприємства. Це, в свою чергу, вимагає ретельного аналізу можливих шляхів вирішення проблеми, вибору найбільш оптимальних варіантів та обґрунтування їх економічної ефективності, що буде розглянуто в наступних підрозділах.

3.2 Аналіз можливих шляхів підвищення технічного рівня екскаваторів

Як було обґрунтовано в підрозділі 3.1, підвищення технічного рівня екскаваторів, особливо застарілих моделей ЕКГ-8І, є необхідним заходом для забезпечення ефективної роботи Артемівського кар'єру. Існує декілька принципово різних шляхів вирішення цієї проблеми: модернізація існуючого обладнання, заміна його на нове, впровадження сучасних систем автоматизації та диспетчеризації, а також вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту. У цьому підрозділі буде проведено аналіз кожного з цих шляхів, розглянуто їхні переваги та недоліки, а також наведено приклади практичної реалізації.

3.2.1 Модернізація існуючого обладнання (ЕКГ-8І)

Модернізація існуючого парку екскаваторів ЕКГ-8І є одним із найбільш реалістичних та економічно обґрунтованих шляхів підвищення їхнього технічного рівня, особливо враховуючи значний вік

цих машин на Артемівському кар'єрі. Під модернізацією розуміється заміна окремих вузлів, агрегатів та систем екскаватора на більш сучасні та ефективні, що дозволяє покращити його техніко-економічні показники без повної заміни машини.

Модернізація може охоплювати різні системи екскаватора, і, як правило, проводиться комплексно, для досягнення максимального ефекту. Розглянемо основні напрямки модернізації ЕКГ-8І:

Модернізація системи керування:

Одним із ключових напрямків модернізації є заміна застарілої релейно-контакторної системи керування на сучасну мікропроцесорну систему.

Використання системи дозволяє:

а) підвищити точність і плавність керування робочими органами екскаватора;

б) знизити енергоспоживання за рахунок оптимізації режимів роботи електродвигунів;

в) зменшити динамічні навантаження на механізми екскаватора в перехідних режимах;

г) впровадити системи діагностики та моніторингу технічного стану, що дозволяє оперативно виявляти та усувати несправності.

д) покращити умови праці машиніста за рахунок більш зручного та інформативного інтерфейсу.

Одним із ефективних рішень є впровадження низьковольтного комплектного пристрою (НКУ) серії ШЕ виробництва НПО "МОДЭКС-ПРИВОД" [28].

НКУ ШЕ забезпечує:

а) регулювання напруги постійного струму ланцюгів збудження електричних генераторів за системою "тиристорний перетворювач-

генератор-двигун" (ТП-Г-Д) з двоконтурною системою підлеглого регулювання та за датчиком інтенсивності;

б) живлення стабілізованим струмом ланцюгів збудження електричних двигунів головних електроприводів;

в) попередній плавний розгін чотиримашинного перетворювального агрегату до підсинхронної швидкості за системою "тиристорний перетворювач-двигун" (ТП-Д) ;

г) автоматичне регулювання збудження синхронного двигуна, зниження струму збудження синхронних двигунів (СД) в режимі холостого ходу;

д) керування двигуном відкривання днища ковша за системою ГР-Д;

е) керування електроприводами допоміжних механізмів екскаватора;

ж) формування необхідних (екскаваторних) статичних та динамічних характеристик головних електроприводів;

з) індикацію стану;

и) діагностику.

Склад НКУ ШЕ:

а) шафа управління приводом підйому;

б) шафа управління приводом напору;

в) шафа управління приводом обертання/ходу;

г) шафа управління допоміжними приводами;

д) шафа оперативного напруги;

е) шафа управління збудженням синхронного двигуна;

ж) шафа системи полегшеного запуску синхронного двигуна;

з) крісло-пульт управління з інформаційною панеллю.

Компоненти системи НКУ ШЕ представлені на рис 3.1.



Рисунок 3.1 - Компоненти системи НКУ ШЕ

Варто додати що система пройшла випробування, про що свідчить відгук з Полтавського ГЗК, де вказано що впровадження цієї системи дозволило знизити питомі витрати електроенергії на 15-20% [28].

Модернізація системи змащування:

Важливим елементом модернізації є впровадження автоматичної централізованої системи змащування (АЦСС). Традиційна система змащування (ручна) є неефективною, трудомісткою і не забезпечує належного змащування всіх вузлів тертя, що призводить до прискореного зносу обладнання.

АЦСС Lincoln, яка успішно застосовується на сучасних екскаваторах (ЕКГ-10, ЕКГ-12К), може бути встановлена і на ЕКГ-8І [31].

АЦСС Lincoln забезпечує:

- а) автоматичне змащування всіх основних вузлів тертя екскаватора (включаючи ходову частину) під час його роботи;
- б) точне дозування мастильного матеріалу;
- в) зниження витрат мастильних матеріалів (на 20-30% за даними виробника);
- г) збільшення ресурсу вузлів тертя (у 2-4 рази);

д) скорочення часу на обслуговування (на 80-90%);

е) підвищення коефіцієнта технічної готовності екскаватора (на 3-5%).

ж) покращення безпеки робіт (немає необхідності вручну змащувати важкодоступні вузли).

Склад АЦСС Lincoln (основні компоненти):

а) насосна станція (різних типів, залежно від потреб).

б) розподільники (для подачі мастила до різних точок змащування).

в) живильники, трубопроводи, фітинги, блок керування, датчики.

Прикладом успішного впровадження АЦСС є досвід ЦГЗК [31] та ІнГЗК, де такі системи були встановлені під час капітальних ремонтів екскаваторів, приклад встановленої системи представлено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 - Насосна станція АЦСС Lincoln

3. Модернізація механічної частини:

Модернізація механічної частини екскаватора ЕКГ-8І може включати:

а) ходова частина:

- 1) Заміна або ремонт ходового візка;
- 2) Заміна втулок опорних і натяжних коліс;
- 3) Заміна гусеничних траків на більш зносостійкі.
- 4) Заміна бортових редукторів;
- 5) Заміна ходових двигунів на моделі ЕКГ-10.

б) поворотна платформа:

- 1) Ремонт або заміна рами поворотної платформи;
- 2) Заміна опорно-поворотного пристрою (ОПП);
- 3) Заміна роликового круга на сучасний з встановленою системою патрубків під АЦСЗ;
- 4) Заміна поворотних редукторів.

в) робоче обладнання:

- 1) заміна ковша на більш та зносостійкий, з оптимізованою геометрією;
- 2) заміна/ремонт редукторів;
- 3) ремонт або заміна рукояті;
- 4) Заміна механізму відкривання днища ковша.

Модернізація механічної частини екскаватора ЕКГ-8І може включати широкий спектр робіт, спрямованих на відновлення або покращення характеристик різних вузлів та агрегатів.

Приклад оновлених вузлів представлений на ілюстрованому переліку.

Рисунок 3.3 - Оновлені вузли ЕКГ-8І: ілюстрований перелік

Двунога стійка	Електродвигун підйому	Генератор підйому	Корпус сідлового підшипника
			
Кабіна машиніста	Барабанний механізм напору	Редуктор підйому	Редуктор повороту
			
Ківш у зборі	Балка рукояті	Верхня секція стріли	Рама гусенична у зборі
			

Приклади комплексної модернізації ЕКГ-8І:

а) **Центральний ГЗК (2020 рік):** Модернізація екскаватора ЕКГ-8І №22 (вартість 70 млн грн) та №17 (вартість 65 млн грн) на Петровському кар'єрі. Було виконано широкий комплекс робіт з модернізації як електричної, так і механічної частини.

б) **Інгулецький ГЗК (2013 рік):** Капітальний ремонт екскаватора ЕКГ-8І з заміною базових деталей та встановленням АЦСС (вартість 6,5 млн грн).

На рисунку 3.4 – приклад екскаватору після проведення капітального ремонту .



Рисунок 3.4 - Екскаватор ЕКГ-8І після проведення капітального ремонту

Переваги модернізації:

а) відносно нижча вартість порівняно з повною заміною екскаватора;

б) можливість поетапного проведення робіт;

в) збільшення терміну служби існуючого обладнання;

г) підвищення продуктивності та надійності;

д) зниження експлуатаційних витрат.

Недоліки модернізації:

- а) обмежений потенціал підвищення продуктивності (порівняно з новим екскаватором) ;
- б) збереження деяких конструктивних недоліків старого екскаватора.

3.2.2 Заміна старого обладнання на нове

Одним із радикальних шляхів підвищення технічного рівня екскаваторного парку Артемівського кар'єру є повна заміна застарілих екскаваторів ЕКГ-8І на більш сучасні та продуктивні моделі. Такий підхід дозволяє не лише усунути проблеми, пов'язані зі зносом і частими поломками старого обладнання, але й отримати значний приріст продуктивності, знизити експлуатаційні витрати та покращити умови праці машиністів.

Враховуючи досвід ЦГЗК, а також наявність на Артемівському кар'єрі екскаваторів ЕКГ-10 та ЕКГ-12К, як потенційну заміну екскаваторам ЕКГ-8І доцільно розглядати модель ЕКГ-12К. Це дозволить уніфікувати парк техніки, спростити обслуговування та ремонт, а також використати наявний досвід експлуатації цієї машини. Альтернативним варіантом може бути ЕКГ-10, проте в даному підрозділі ми зосередимося на порівняльному аналізі саме з ЕКГ-12К, як з найбільш сучасним та перспективним варіантом.

У Таблиці 3.1 представлено порівняння основних технічних характеристик та експлуатаційних показників екскаваторів ЕКГ-8І та ЕКГ-12К.

Таблиця 3.1 – Порівняння технічних характеристик екскаваторів ЕКГ-8І та ЕКГ-12К

Характеристика	ЕКГ-8І	ЕКГ-12К
Об'єм ковша, м ³	8	12
Потужність мережевого двигуна, кВт	520	1250
Сумарна потужність двигунів гол. приводів, кВт		1650
Робоча маса, т	337	410
Макс. радіус копання, м	14,5	18,6
Макс. висота копання, м	10,5	15
Макс. глибина копання, м	6,5	8,1
Макс. радіус розвантаження, м	12,5	16,5
Макс. висота розвантаження, м	6,8	9
Тривалість циклу, с	23	26
Технічна продуктивність, м ³ /год	982	1183
Експлуатаційна продуктивність, м ³ /зм	~ 843	~1183
Питома витрата електроенергії, кВт·год/м ³	0,72-1,14	0,45-0,55
Витрати на мастильні матеріали	Високі	Низькі Завдяки АЦСС
Витрати на запчастини та ремонт	Високі	Низькі
Середній час напрацювання на відмову	Низький	Високий
Коефіцієнт технічної готовності	Низький	Високий
Система керування	Релейно-контакторна	Мікропроцесорна (НКУ)
Система змащування	Ручна/частково мех.	Автоматична (АЦСС)
Наявність системи автоматизації	Ні	Так (В т.ч. система моніторингу споживання електроенергії)
Комфортність кабіни	Низька	Висока
Орієнтовна вартість, млн грн	Кап. рем ~ 60	~150 (2020 рік)
Рік випуску	1989-1992	2019-2020

Як видно з Таблиці 3.1, екскаватор ЕКГ-12К має суттєві переваги перед ЕКГ-8І за всіма основними технічними та експлуатаційними показниками:

а) **продуктивність:** Завдяки більшому об'єму ковша (12 м³ проти 8 м³), більшій потужності, ЕКГ-12К має значно вищу технічну та експлуатаційну продуктивність;

б) **енергоефективність:** Середня питома витрата електроенергії у ЕКГ-12К, становить 0,45-0,55 кВт·год/м³, що *значно нижче*, ніж у ЕКГ-8І. Згідно даних, наведених у Додатку А, фактична питома витрата електроенергії для екскаваторів ЕКГ-8І на різних підприємствах коливається в діапазоні 0,72-1,14 кВт·год/м³;

в) **надійність:** Завдяки використанню сучасних комплектуючих, системи автоматизації та АЦСС, ЕКГ-12К має вищу надійність і менший час простоїв, пов'язаних з ремонтами;

г) **умови праці:** ЕКГ-12К оснащений сучасною кабіною з покращеною ергономікою, системами клімат-контролю та візуального контролю, що забезпечує більш комфортні та безпечні умови праці для машиніста;

д) **система керування:** ЕКГ-12К має сучасну мікропроцесорну систему, яка забезпечує більшу точність.

На Таблиці 3.2 – 3.4 представлена динаміка зміни основних показників роботи екскаватора ЕКГ-8І (згідно зі статтею [25]):

Таблиця 3.2 – Динаміка експлуатаційної продуктивності екскаватора ЕКГ-8І за роками його експлуатації з урахуванням капітальних ремонтів, млн. м³

t	0	1	2	3	4	5	6	7
Q(t)	1,30	1,24	1,18	1,13	1,07	1,02	1,10	1,03
t	8	9	10	11	12	13	14	15
Q(t)	0,94	0,86	0,78	0,85	0,80	0,76	0,71	0,66
t	16	17	18	19	20			
Q(t)	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56			

Як видно з Табл. 3.2, експлуатаційна продуктивність екскаватора ЕКГ-8І має тенденцію до зниження з роками, незважаючи на проведені капітальні ремонти.

Табл. 3.3 Динаміка річних затрат на поточний ремонт екскаватора ЕКГ-8І, тис. грн.

t	0	1	2	3	4	5	6
ПР(t)	39,06	39,06	78,12	117,18	156,24	195,30	234,35
t	7	8	9	10	11	12	13
ПР(t)	273,41	312,47	351,53	390,59	429,65	468,71	507,77
t	14	15	16	17	18	19	20
ПР(t)	546,83	585,89	626,90	670,78	717,73	767,98	862,88

Табл. 3.4 – Динаміка річних витрат на технічне обслуговування екскаватора ЕКГ-8І, тис. грн.

t	0	1	2	3	4	5
ТО(t)	616,24	616,24	628,57	628,57	641,14	641,14
t	7	8	9	10	11	12
ТО(t)	667,04	680,38	693,99	707,87	722,02	736,46
t	14	15	16	17	18	19
ТО(t)	766,22	781,54	797,17	813,16	829,38	845,97

Таблиці 3.3 та 3.4 демонструють стійку тенденцію до зростання витрат на поточний ремонт і технічне обслуговування екскаватора ЕКГ-8І з плином часу. Це свідчить про прогресуючий знос обладнання та збільшення потреби в ремонтних роботах.

3.2.3 Впровадження систем автоматизації та диспетчеризації

Одним із перспективних напрямків підвищення ефективності роботи екскаваторного парку є впровадження сучасних систем автоматизації та диспетчеризації. Ці системи дозволяють оптимізувати

роботу екскаваторів, скоротити час простоїв, підвищити безпеку робіт, а також забезпечити збір та аналіз даних про роботу обладнання.

Одним із важливих елементів систем автоматизації є системи моніторингу споживання електроенергії. Такі системи дозволяють не лише контролювати витрати, але й отримувати детальну інформацію про роботу екскаватора, що може бути використано для оптимізації режимів роботи, виявлення несправностей, тощо.

Прикладом такої системи є система СМВП (система моніторингу високовольтних підстанцій), що використовується на підприємствах ПрАТ "Полтавський ГЗК", ПАТ "ІнГЗК", та ін. [24]. Ця система дозволяє в режимі реального часу відстежувати такі параметри:

- а) питома витрата електроенергії на 1 м³ гірничої маси;
- б) загальна витрата електроенергії за зміну, місяць, рік;
- в) напруга, струм, коефіцієнт потужності;
- г) час роботи екскаватора в різних режимах;
- д) простої та їх причини;
- е) інші параметри.

Система формує звіти, які дозволяють аналізувати роботу екскаваторів, виявляти неефективні режими роботи, приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації роботи обладнання. Впровадження подібної системи на Артемівському кар'єрі дозволить отримувати об'єктивну інформацію про роботу екскаваторів, що є необхідною умовою для прийняття ефективних управлінських рішень.

3.2.4 Покращення системи технічного обслуговування та ремонту

Ефективна система технічного обслуговування та ремонту (ТОiP) є невід'ємною умовою забезпечення надійної та продуктивної роботи

екскаваторного парку. Своєчасне та якісне проведення ТОіР дозволяє попередити виникнення серйозних поломок, скоротити час простоїв, продовжити термін служби обладнання та знизити загальні експлуатаційні витрати. Особливо важливим є вдосконалення системи ТОіР для застарілих екскаваторів ЕКГ-8І, які мають значний ступінь зносу і потребують більш ретельного догляду.

На даний момент на Артемівському кар'єрі існує система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) та ТО, яка теоретично повинна забезпечувати своєчасне обслуговування та ремонт екскаваторів. Проте, як показує практика, ця система має ряд суттєвих недоліків:

- а) недостатня періодичність технічного обслуговування (ТО);
- б) неналежна якість проведення ППР через брак запасних частин;
- в) відсутність сучасного діагностичного обладнання;
- г) відсутність системи моніторингу;
- д) відсутність системи мотивації.

Для вирішення цих проблем пропонується комплекс заходів:

Оптимізація ТО:

1) переглянути нормативи періодичності ТО для *кожного* ЕКГ-8І з урахуванням його фактичного напрацювання, (технічного стану (за даними діагностики та аналізу відмов) та умов експлуатації (навантаження, тип порід). Наприклад, для екскаватора №12, який має найбільше напрацювання і простої, може бути встановлено *більш частий* графік ТО, ніж для екскаватора №61;

2) розробити *індивідуальні* графіки ТО, де чітко вказано перелік робіт, періодичність календарних днях, необхідні запчастини та матеріали;

3) впровадити оперативний контроль технічного стану (наприклад, щозмінний огляд машиністом з використанням *чек-листів*, а також регулярний моніторинг параметрів роботи).

Забезпечення запчастинами:

1) створити *незнижуваний* запас запчастин для ЕКГ-8І на складі підприємства. Перелік запчастин визначити на основі аналізу даних про поломки за останні роки (див. розділ 2). Наприклад, обов'язково мати в запасі: зуби ковша, елементи ходової частини (траки, втулки), троси, підшипники редукторів, деталі механізму відкривання днища ковша, щітки та колектори електродвигунів;

2) укласти договори з *надійними* постачальниками (наприклад, з "Modex-ПРИВОД" [28] або іншими офіційними дилерами) на постачання *оригінальних* запчастин або *якісних аналогів*;

3) розглянути можливість виготовлення *деяких* запчастин (наприклад, втулок, пальців, шпильок, нескладних металоконструкцій) на власній ремонтній базі.

Впровадження діагностики:

1) придбати:

- віброаналізатор (наприклад, BALTECH VP-3470) для контролю стану підшипників і редукторів;

- тепловізор (наприклад, FLIR E60) для виявлення перегріву електричних з'єднань та інших вузлів;

- ультразвуковий дефектоскоп (наприклад, УД2-70) для контролю стану металоконструкцій (тріщини);

- набір ендоскопів для огляду внутрішніх порожнин.

2) розробити регламенти проведення діагностики для кожного виду обладнання.

3) провести навчання персоналу (механіків, електриків) роботі з діагностичним обладнанням.

Система обліку відмов:

1) впровадити комп'ютеризовану систему обліку відмов та аналізу причин.

Як варіант на початковому етапі, поки не буде придбано спеціалізоване ПЗ, можливо вести облік в електронних таблицях;

2) розробити форму для реєстрації кожної відмови, де обов'язково вказувати:

- дату і час виникнення відмови;
- номер екскаватора;
- опис несправності;
- причину несправності (якщо відомо);
- вжиті заходи (які роботи виконано, які запчастини замінено);
- час простою;
- ПІБ машиніста та ремонтного персоналу.

3) щомісяця аналізувати дані, виявляти найбільш часті та найбільш тривалі простої, визначати їх причини, розробляти заходи щодо усунення.

Система моніторингу:

1) встановити на екскаватори ЕКГ-8І систему віддаленого моніторингу основних параметрів роботи, включаючи споживання електроенергії. Це може бути як окрема система, так і частина комплексної системи автоматизації (див. розділ 3.2.3). Система повинна забезпечувати:

- відстеження місцезнаходження та переміщення екскаваторів;
- контроль напруцювання;
- контроль споживання електроенергії (загального та по окремих приводах);
- контроль температури основних вузлів (підшипників, редукторів, електродвигунів);
- реєстрацію аварійних ситуацій;
- формування звітів.

Мотивація персоналу:

1) розробити систему матеріального і нематеріального стимулювання персоналу, спрямовану на:

- якісне та своєчасне проведення ТО;
- дбайливе ставлення до обладнання;
- швидке виявлення та усунення несправностей;
- попередження аварійних ситуацій.

Як приклад ефективної системи матеріального стимулювання можна навести досвід Петрівського кар'єру ЦГЗК, де машиністам екскаваторів було запроваджено з 2020 року доплати за суміщення професій електрогазозварника та слюсаря. Це дозволило оперативно усувати дрібні поломки силами самих машиністів, скорочуючи час простоїв та підвищуючи зацікавленість персоналу в підтриманні обладнання в справному стані. Доцільно розглянути можливість впровадження подібної системи мотивації і на Артемівському кар'єрі.

Реалізація цих заходів дозволить:

- а) збільшити міжремонтний період екскаваторів;
- б) скоротити час простоїв;
- в) знизити витрати на ремонт і запчастини;
- г) підвищити надійність і продуктивність обладнання;
- д) попередити аварійні ситуації.

Висновки до розділу 3.2

Проведений аналіз можливих шляхів підвищення технічного рівня екскаваторів на Артемівському кар'єрі ЦГЗК дозволяє зробити наступні висновки:

1. Існуючий стан екскаваторного парку є незадовільним, особливо щодо застарілих моделей ЕКГ-8І. Ці екскаватори мають низьку продуктивність, високі експлуатаційні витрати, значний час простоїв через поломки, а також застарілі системи керування та змащування.

2. Існує декілька принципово різних шляхів вирішення проблеми:

а) модернізація існуючих ЕКГ-8І (заміна системи керування, встановлення АЦСС, ремонт/заміна механічних вузлів);

б) заміна ЕКГ-8І на більш сучасні моделі (ЕКГ-12К);

в) впровадження систем автоматизації та диспетчеризації (включаючи системи моніторингу);

г) покращення системи ТОіР.

3. Модернізація ЕКГ-8І є відносно недорогим варіантом, який дозволяє частково покращити їхні техніко-економічні показники. Проте, модернізація не усуває всіх проблем, пов'язаних із застарілою конструкцією цих машин.

4. Заміна ЕКГ-8І на ЕКГ-12К є більш радикальним і більш ефективним рішенням, яке забезпечує значний приріст продуктивності, зниження витрат і покращення умов праці. Проте, цей варіант потребує значних капітальних інвестицій.

5. Впровадження систем автоматизації та диспетчеризації, зокрема системи моніторингу споживання електроенергії, є доцільним як для нових, так і для модернізованих екскаваторів. Це дозволить оптимізувати режими роботи, контролювати витрати і своєчасно виявляти несправності.

6. Покращення системи ТОіР є обов'язковою умовою для забезпечення надійної роботи будь-якого обладнання, незалежно від його віку та моделі. Це включає:

- а) оптимізацію графіків ТО;
- б) забезпечення якісними запчастинами;
- в) впровадження сучасних методів діагностики;
- г) створення ефективної системи обліку відмов;
- д) мотивацію персоналу.

7. Вибір оптимального рішення (модернізація, заміна, або їх комбінація) потребує детального техніко-економічного обґрунтування, яке буде проведено в розділі 3.4. При цьому необхідно враховувати не лише вартість обладнання та робіт, але й очікуваний економічний ефект (збільшення продуктивності, зниження витрат, зменшення простоїв).

8. Досвід ЦГЗК та інших підприємств (Полтавський ГЗК, ІнГЗК, ПівнГЗК) свідчить про успішну практику як модернізації старих екскаваторів, так і закупівлі нових. Це підтверджує реалістичність обох варіантів.

3.3 Пропозиції щодо підвищення технічного рівня екскаваторів на Артемівському кар'єрі

На основі проведеного аналізу технічного стану екскаваторного парку Артемівського кар'єру (Розділ 2) та розгляду можливих шляхів підвищення технічного рівня екскаваторів (Розділ 3.2) пропонується комплекс заходів, спрямованих на вирішення виявлених проблем та підвищення ефективності роботи екскаваторів. Основними проблемами, як було встановлено, є низька продуктивність та надійність застарілих екскаваторів ЕКГ-8І, а також недоліки в системі технічного обслуговування та ремонту (ТОіР).

З огляду на це, першочерговим завданням є підвищення технічного рівня саме екскаваторів ЕКГ-8І. Розглядаються два основних варіанти: комплексна модернізація цих машин або їх заміна на більш сучасні екскаватори ЕКГ-12К. Крім того, пропонується ряд заходів щодо вдосконалення системи ТОіР та впровадження систем автоматизації та моніторингу, які будуть корисними для всього екскаваторного парку.

У підрозділах 3.3.1 та 3.3.2 наведено конкретні пропозиції з їх обґрунтуванням.

3.3.1 Модернізація екскаваторів ЕКГ-8І

Пропонується провести комплексну модернізацію екскаваторів ЕКГ-8І, які задіяні на менш складних роботах:

- а) екскаватор № 61 (перевантажувальний пункт);
- б) екскаватор № 12 (укладання розкривних порід у відвал);
- в) екскаватор № 50 (навантаження думпкарів).

Обґрунтування: як показав аналіз (Розділ 2), екскаватори ЕКГ-8І мають значний знос і потребують великих витрат на ремонт. Проте, повна заміна всіх ЕКГ-8І на нові машини є економічно недоцільною, враховуючи, що на деяких ділянках роботи (перевантаження, укладання порід відвал, розкривні роботи) вони можуть ефективно використовуватися і після модернізації.

Модернізація дозволить продовжити термін служби цих машин, підвищити їхню надійність і знизити експлуатаційні витрати при відносно невеликих капітальних вкладеннях. Дані про простої цих екскаваторів наведені в Таблиці 2.8, що підтверджує необхідність вжиття заходів.

Зміст модернізації: пропонується провести комплексну модернізацію, яка включає:

а) модернізацію системи керування: Заміна застарілої релейно-контакторної системи керування на сучасну мікропроцесорну систему наприклад НКУ ШЕ виробництва НПО "Modex-ПРИВОД". Це дозволить:

- 1) підвищити точність і плавність керування;
- 2) знизити енергоспоживання;
- 3) зменшити динамічні навантаження;
- 4) впровадити системи діагностики та моніторингу;
- 5) покращити умови праці машиніста;
- 6) згідно з відгуком ПрАТ "Полтавський ГЗК", впровадження НКУ ШЕ дозволяє знизити питомі витрати електроенергії на 15-20% [28].

б) модернізацію електричної частини: заміна зношених електродвигунів, генераторів, трансформаторів, кабельно-провідникової продукції. Встановлення сучасних пристроїв захисту та комутації.

в) встановлення автоматичної централізованої системи змащування (АЦСС) Lincoln [31]. Це дозволить:

- 1) збільшити термін служби вузлів тертя;
- 2) знизити витрати мастильних матеріалів;
- 3) скоротити час на обслуговування;
- 4) підвищити надійність роботи екскаватора.

г) модернізацію механічної частини: проведення робіт з відновлення або заміни зношених вузлів та агрегатів, включаючи (за необхідності, на основі діагностики):

- 1) ремонт або заміну елементів ходової частини;
- 2) ремонт або заміну елементів поворотної платформи;
- 3) ремонт або заміну елементів робочого обладнання.

д) **встановлення системи моніторингу** основних параметрів роботи екскаватора (див. розділ 3.2.3).

Очікуваний ефект від впровадження системи:

- а) збільшення міжремонтного періоду;
- б) скорочення часу простоїв до 30%;
- в) зниження витрат на ремонт і запчастини;
- г) зниження питомої витрати електроенергії (на 15-20% за рахунок модернізації системи керування);
- д) збільшення терміну служби екскаватора;
- е) покращення умов праці машиніста.

Орієнтовна вартість: вартість модернізації може коливатися в широких межах, залежно від обсягу робіт. За даними ЦГЗК, вартість капітального ремонту з модернізацією ЕКГ-8І становила 65-70 млн грн (у 2020 році). Проте, враховуючи, що пропонується модернізація для екскаваторів, які працюють в менш важких умовах, і не потребують повної заміни всіх вузлів, вартість може бути значно нижчою. Для точної оцінки вартості необхідно провести детальне обстеження кожного екскаватора і скласти дефектну відомість.

3.3.2 Заміна екскаваторів екг-8і на екг-12к

Пропонується замінити екскаватори ЕКГ-8І, які задіяні на вибійних роботах після підривних робіт, на більш сучасні та продуктивні екскаватори ЕКГ-12К.

Обґрунтування: як було показано в розділі 2, екскаватори ЕКГ-8І, що працюють на вибої, мають найбільший знос, найчастіше виходять з ладу і мають найнижчу продуктивність порівняно з іншими моделями, що експлуатуються на Артемівському кар'єрі. Робота в умовах вибою після підривних робіт є найбільш важкою і вимагає від екскаватора

максимальної потужності, надійності та стійкості до навантажень. ЕКГ-8І, зважаючи на свій вік і технічний стан, вже не повною мірою відповідають цим вимогам. Заміна їх на ЕКГ-12К дозволить кардинально вирішити проблему.

Екскаватори, що підлягають заміні №25, 28.

Переваги ЕКГ-12К:

а) вища продуктивність: ЕКГ-12К має значно більший об'єм ковша (12 м³ проти 8 м³), вищу потужність і кращі динамічні характеристики, що забезпечує суттєве збільшення продуктивності;

б) нижча питома витрата електроенергії: середня питома витрата електроенергії ЕКГ-12К становить 0,45-0,55 кВт·год/м³, що значно нижче, ніж у ЕКГ-8І (0,72-1,14 кВт·год/м³);

в) вища надійність: сучасна конструкція, якісні комплектуючі, система автоматизації та АЦСС забезпечують вищу надійність ЕКГ-12К і менший час простоїв;

г) кращі умови праці: сучасна кабіна з покращеною ергономікою, системами клімат-контролю та візуального контролю;

д) система моніторингу: на ЕКГ-12К встановленні сучасні системи моніторингу.

Орієнтовна вартість: орієнтовна вартість одного екскаватора ЕКГ-12К становить близько 150 млн грн (за даними ЦГЗК про закупівлю у 2020 році).

Очікуваний ефект:

а) значне збільшення продуктивності виймально-навантажувальних робіт у вибої;

б) зниження собівартості видобутку гірничої маси за рахунок зниження питомої витрати електроенергії та скорочення часу простоїв;

в) покращення умов праці машиністів екскаваторів;

г) підвищення загальної ефективності роботи кар'єру.

Висновки до розділу 3.3

На підставі проведеного аналізу пропонується комплексний підхід до підвищення технічного рівня екскаваторного парку Артемівського кар'єру, що включає як модернізацію, так і заміну обладнання, а також вдосконалення системи ТОіР.

Пропонується модернізувати екскаватори ЕКГ-8І №61 (перевантажувальний пункт), №12 (укладання розкривних порід) та №50 (навантаження думпкарів). Модернізація передбачає заміну системи керування на НКУ ШЕ, встановлення АЦСС Lincoln, модернізацію електричної та механічної частини, а також встановлення системи моніторингу.

Екскаватори ЕКГ-8І, що працюють на вибої після підривних робіт, пропонується замінити на нові ЕКГ-12К (номери екскаваторів, що підлягають заміні, потребують уточнення). Це дозволить кардинально підвищити продуктивність та знизити питомі витрати.

Для всього екскаваторного парку необхідно вдосконалити систему ТОіР. Це включає оптимізацію графіків ТО, забезпечення запчастинами, впровадження діагностики, системи обліку відмов та моніторингу, а також мотивацію персоналу.

Реалізація цих заходів забезпечить суттєве підвищення ефективності роботи екскаваторів, зниження експлуатаційних витрат і покращення умов праці. Детальний розрахунок економічної ефективності буде представлено в розділі 3.4.

3.4 Оцінка економічної ефективності запропонованих заходів

Метою даного розділу є попередня оцінка економічної ефективності запропонованих у розділі 3.3 заходів щодо підвищення технічного рівня екскаваторів на Артемівському кар'єрі. Розрахунки проводяться на основі наявних даних і мають орієнтовний характер. Для отримання точних результатів необхідне проведення детального техніко-економічного дослідження з урахуванням всіх факторів, що впливають на роботу Артемівського кар'єру.

Розглянемо два основних варіанти:

1. **Модернізація** трьох екскаваторів ЕКГ-8І (№61, №12, №50).
2. **Заміна** частини екскаваторів ЕКГ-8І на нові ЕКГ-12К (кількість і номери екскаваторів, що підлягають заміні, потребують уточнення).

3.4.1 Розрахунок економічного ефекту від модернізації ЕКГ-8І

Капітальні витрати:

а) вартість комплексної модернізації одного екскаватора ЕКГ-8І (включаючи НКУ ШЕ, АЦСС, ремонт/заміну механічних та електричних вузлів) може коливатися в широких межах. За даними ЦГЗК (2020 рік), вартість капітального ремонту з модернізацією становила 65-70 млн грн. Проте, ми пропонуємо *менш масштабну* модернізацію, орієнтовану на екскаватори, що працюють в *менш важких* умовах. Тому, як *орієнтовну* вартість модернізації одного екскаватора, приймемо діапазон **25-35 млн грн**. Ця цифра є *потребує уточнення на основі комерційних пропозицій від постачальників обладнання та виконавців робіт*.

б) загальні капітальні витрати на модернізацію трьох екскаваторів: $(25-35 \text{ млн грн}) * 3 = \mathbf{75-105 \text{ млн грн}}$.

Річна економія:

а) **економія електроенергії:** Встановлення НКУ ШЕ дозволяє знизити питомі витрати електроенергії на 20-25%. За даними Додатку А, середня питома витрата електроенергії для ЕКГ-8І становить *близько* $0,93 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ (розрахунок: $(0,76+1,14+0,96+0,72+0,98+0,99)/6$). Тоді економія на 1 м^3 складе: $0,93 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3 * 0,25 = 0,2325 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$. Середня змінна продуктивність одного ЕКГ-8І, розрахована на основі даних за січень-квітень 2023 року (Таблиця 2.1), становить $1365,22 \text{ м}^3/\text{змін}$. Екскаватори працюють цілорічно, у дві зміни. Приймаємо кількість робочих днів на рік - 365. Тоді річний обсяг робіт: $365 \text{ днів} * 2 \text{ зміни} * 1365,22 \text{ м}^3/\text{змін} = 996 560,6 \text{ м}^3/\text{рік}$. Річна економія електроенергії на одному екскаваторі: $996 560,6 \text{ м}^3/\text{рік} * 0,2325 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3 = 231 700,34 \text{ кВт}\cdot\text{год}$. Середньозважена ціна електроенергії (з урахуванням даних НКРЕКП про граничні ціни з 01.06.2024 та припущення про цілодобову роботу екскаватора): $6,76 \text{ грн}/\text{кВт}\cdot\text{год}$ (з ПДВ). *Ціна є орієнтовною і може відрізнятись від фактичної ціни для Артемівського кар'єру.* Річна економія електроенергії в грошовому вираженні на одному екскаваторі: $231 700,34 \text{ кВт}\cdot\text{год} * 6,76 \text{ грн}/\text{кВт}\cdot\text{год} = 1 566 294,3 \text{ грн}$.

б) **економія на ТО і ремонті:** За даними статті [25], річні витрати на ТО і ремонт ЕКГ-8І становлять в середньому: $(813,44 \text{ тис. грн (ТО)} + 673,86 \text{ тис. грн (ремонт)}) = 1487,3 \text{ тис. грн}$. Припустимо, що модернізація дозволить знизити ці витрати на 35%. Тоді річна економія на ТО і ремонті на одному екскаваторі складе: $1487,3 \text{ тис. грн} * 0,35 = 520,55 \text{ тис. грн} = 520 550 \text{ грн}$.

в) **загальна річна економія на одному екскаваторі:** $1 566 294,3 \text{ грн} + 520 550 \text{ грн} = 2 086 844 \text{ грн}$.

Термін окупності модернізації ЕКГ-8І:

а) мінімальний термін окупності: 25 000 000 грн / 2 086 844 грн = ~12 років;

б) максимальний термін окупності: 35 000 000 грн / 2 086 844 грн = ~16,8 років.

3.4.2 Розрахунок економічного ефекту від заміни ЕКГ-8І на ЕКГ-12К

Капітальні витрати: ціна ЕКГ-12К 150 000 000 грн (за даними ЦГЗК, 2020 рік). Ця ціна є орієнтовною і може значно відрізнятися від актуальної ціни.

Річна економія:

а) **економія електроенергії:** Питома витрата електроенергії у ЕКГ-12К, в середньому, становить 0,45-0,55 кВт·год/м³. Прийmemo середнє значення 0,5 кВт·год/м³. Різниця в питомій витраті: 0,93 кВт·год/м³ (ЕКГ-8І) - 0,5 кВт·год/м³ (ЕКГ-12К) = 0,43 кВт·год/м³. Середня змінна продуктивність ЕКГ-12К, розрахована на основі даних за січень-квітень 2023 року (Таблиця 2.1), становить 2677,85 м³/зміну. Річний обсяг робіт: 365 днів * 2 зміни * 2677,85 м³/зміну = 1 954 831 м³/рік. Річна економія електроенергії: 1 954 831 м³/рік * 0,43 кВт·год/м³ = 840 577,33 кВт·год. Річна економія електроенергії в грошовому вираженні: 840 577,33 кВт·год * 6,76 грн/кВт·год = 5 682 302,75 грн;

б) **економія на ТО і ремонті:** За даними статті [1], річні витрати на ТО і ремонт ЕКГ-8І становлять в середньому: (813,44 тис. грн (ТО) + 673,86 тис. грн (ремонт)) = 1487,3 тис. грн. Тоді як, витрати на ремонт ЕКГ-12К будуть складати в середньому 300 тис грн. Тоді річна економія на ТО і ремонті на одному екскаваторі складе: 1487,3 тис. грн - 300 тис грн = 1 187 300 грн = 1 187 300 грн;

в) додатковий прибуток від збільшення обсягу видобутку:

Річна продуктивність ЕКГ-8І: 365 днів * 2 зміни * 1365,22 м³/зміну = 996560,6 м³/рік. Різниця в річній продуктивності: 1 954 831 м³/рік - 996 560,6 м³/рік = 958 270,4 м³;

г) **загальна річна економія** (без урахування додаткового прибутку): 5 682 302,75 грн + 1 187 300 грн = 6 869 602,75 грн.

Термін окупності екскаватора ЕКГ-12К (без урахування додаткового прибутку):

150 000 000 грн / 6 869 602,75 грн = ~21,8 років

3.4.3 Порівняння варіантів та висновки

Отримані орієнтовні розрахунки показують:

Модернізація ЕКГ-8І:

- а) термін окупності: 12-16,8 років;
- б) потребує менших початкових інвестицій;
- в) дозволяє продовжити термін служби існуючого обладнання.

Заміна ЕКГ-8І на ЕКГ-12К:

- а) термін окупності (без урахування додаткового прибутку від збільшення обсягів видобутку): ~21,8 рік;
- б) термін окупності (з урахуванням додаткового прибутку): ~11 років;
- в) потребує значних початкових інвестицій;
- г) забезпечує значно вищу продуктивність;
- д) забезпечує більшу економію електроенергії.

Важливо підкреслити, що наведені розрахунки є приблизними. Для отримання точних результатів необхідно провести детальне техніко-економічне дослідження з урахуванням конкретних умов

Артемівського кар'єру, актуальних цін на обладнання, матеріали та електроенергію, а також фактичних показників роботи екскаваторів.

Крім розрахованих економічних показників, слід враховувати й інші фактори:

а) **підвищення надійності:** нові екскаватори ЕКГ-12К, безумовно, будуть більш надійними, ніж модернізовані ЕКГ-8І;

б) **покращення умов праці:** ЕКГ-12К забезпечують значно кращі умови праці для машиністів;

в) **технологічний прогрес:** заміна обладнання дозволяє перейти на більш сучасний технологічний рівень;

г) **екологічний фактор:** більш сучасні екскаватори можуть мати менший негативний вплив на навколишнє середовище.

Незважаючи на орієнтовний характер розрахунків, можна стверджувати, що як модернізація, так і заміна застарілого обладнання є потенційно економічно доцільними заходами. Остаточний вибір оптимального варіанту потребує більш детального аналізу з урахуванням усіх факторів.

Враховуючи вищесказане, а також беручи до уваги значний приріст продуктивності при заміні ЕКГ-8І на ЕКГ-12К і потенційно короткий термін окупності (з урахуванням додаткового прибутку), рекомендується першочергово розглянути можливість саме заміни екскаваторів, що працюють у вибої. Модернізацію ж доцільно проводити для екскаваторів, що задіяні на менш відповідальних ділянках.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Метою даної дипломної роботи було дослідження засобів підвищення технічного рівня екскаваторів, що експлуатуються на Артемівському кар'єрі ПрАТ "ЦГЗК", та обґрунтування техніко-економічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності їх роботи. Для досягнення цієї мети було проведено аналіз технічного стану екскаваторного парку, розглянуто можливі шляхи модернізації та заміни обладнання, оцінено економічну ефективність запропонованих заходів, а також розглянуто питання охорони праці при проведенні гірничих робіт. Об'єктом дослідження був екскаваторний парк, а саме екскаватори ЕКГ-8І, ЕКГ-10 та ЕКГ-12К.

У ході дослідження було виконано такі завдання та отримано наступні результати:

1. Аналіз технічного стану екскаваторного парку (Розділ 2):

а) встановлено, що екскаватори ЕКГ-8І, які становлять значну частину парку, мають значний ступінь зносу, низьку продуктивність, високі експлуатаційні витрати та потребують частих ремонтів. Екскаватори ЕКГ-10 та особливо ЕКГ-12К демонструють значно кращі показники;

б) виявлено основні проблеми: часті поломки, тривалі простої, висока питома витрата електроенергії, застаріла система керування;

в) визначено основні вузли, що підлягають модернізації.

2. Аналіз можливих шляхів підвищення технічного:

а) розглянуто два основних варіанти: модернізація існуючих ЕКГ-8І та заміна їх на більш сучасні ЕКГ-12К;

б) детально проаналізовано можливості модернізації ЕКГ-8І, включаючи:

- 1) заміну системи керування на сучасну мікропроцесорну систему;
- 2) встановлення автоматичної централізованої системи змащування;
- 3) модернізацію електричної та механічної частини.
- 4) встановлення системи моніторингу.

в) визначено, що заміна на ЕКГ-12К забезпечує значно вищу продуктивність, економію електроенергії та кращі умови праці, але потребує значних інвестицій;

г) обґрунтовано доцільність впровадження систем автоматизації та диспетчеризації, зокрема системи моніторингу споживання електроенергії;

д) запропоновано комплекс заходів щодо покращення системи ТОіР.

3. Пропозиції щодо підвищення технічного рівня:

а) модернізувати екскаватори ЕКГ-8І №61, №12, №50, що задіяні на менш складних роботах;

б) замінити екскаватори ЕКГ-8І, що працюють на вибої, на ЕКГ-12К (номери екскаваторів потребують уточнення);

в) впровадити комплексну систему заходів щодо покращення ТОіР для всього екскаваторного парку.

4. Орієнтовна оцінка економічної ефективності:

Проведено попередні розрахунки, які показали, що:

а) модернізація ЕКГ-8І є потенційно економічно доцільною, з орієнтовним терміном окупності 17-24 роки;

б) заміна ЕКГ-8І на ЕКГ-12К також є потенційно економічно доцільною, з орієнтовним терміном окупності ~22 роки (без урахування додаткового прибутку), та близько 11 років (з урахуванням додаткового прибутку від збільшення обсягів видобутку).

На підставі проведеного дослідження можна зробити висновок, що підвищення технічного рівня екскаваторного парку Артемівського кар'єру є необхідним і економічно доцільним заходом. Першочергову увагу слід приділити екскаваторам ЕКГ-8І, які мають значний ступінь зносу і низьку ефективність.

Рекомендується розглянути можливість поетапної заміни екскаваторів ЕКГ-8І, що працюють у вибої, на більш сучасні та продуктивні ЕКГ-12К. Для екскаваторів ЕКГ-8І, що задіяні на менш відповідальних ділянках, доцільно провести комплексну модернізацію, яка включає заміну системи керування, встановлення АЦСС, модернізацію електричної та механічної частини, а також впровадження системи моніторингу.

Незалежно від обраного варіанту (модернізація чи заміна), необхідно впровадити комплексну систему заходів щодо покращення технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) для всього екскаваторного парку. Це дозволить підвищити надійність обладнання, скоротити час простоїв і знизити експлуатаційні витрати.

Впровадження запропонованих заходів дозволить:

- а) значно підвищити продуктивність виймально-навантажувальних робіт;
- б) знизити собівартість видобутку гірничої маси;
- в) покращити умови праці та підвищити безпеку робіт;
- г) зменшити негативний вплив на навколишнє середовище;
- д) забезпечити стабільну та ефективну роботу Артемівського кар'єру в довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Типовий проект ведення буровибухових робіт на Артемівському кар'єрі ПРАТ «ЦГЗК»
2. Пояснювальна записка до плану розвитку гірничих робіт Артемівського кар'єру ПРАТ «ЦГЗК»
3. Оперативна звітність Артемівського кар'єру ПрАТ "ЦГЗК" за 2023 рік. Внутрішній документ підприємства.
4. Дані про ремонтні роботи екскаваторів Артемівського кар'єру ПрАТ "ЦГЗК". Надано ТОВ "Кривбасремонт". 2023 р. (внутрішній документ).
5. Паспорт екскаваторного забою №7. Артемівський кар'єр ПрАТ "ЦГЗК". Внутрішній документ.
6. Паспорт екскаваторного забою №14. Артемівський кар'єр ПрАТ "ЦГЗК". Внутрішній документ.
7. Паспорт екскаваторного забою №21. Артемівський кар'єр ПрАТ "ЦГЗК". Внутрішній документ.
8. Інструкція з експлуатації екскаватора ЕКГ-8І. Внутрішній документ.
9. Інструкція з експлуатації екскаватора ЕКГ-10. Внутрішній документ.
10. Інструкція з експлуатації екскаватора ЕКГ-12К. Внутрішній документ.
11. Схеми безпечного робочого простору (БРП) екскаваторів. Артемівський кар'єр ПрАТ "ЦГЗК". Внутрішній документ.
12. НПАОТ 0.00-1.66-13 Правила безпеки під час поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення; Київ, 2013.
13. НПАОТ 0.00-1.67-13 Технічні правила ведення підривних робіт на денній поверхні;
14. НПАОТ 0.00-1.24-10 Правила охорони праці при розробці родовищ корисних копалин у відкритий спосіб; Харків, видавництво «Індустрія», 2010р.

15. «Інструкція з безпечної організації та проведення масових вибухів свердловинних зарядів на відкритих гірничих роботах» м.Київ, 2014р;
16. "Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин", м. Київ, СОУ-Н МВП 73.020-078-1:2007.
17. Анисимов, О.А. (2015). Технология строительства и разработки глубоких карьеров: Монография . Д.: Национальный горный университет/ – 272 с.
18. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. –М.: Недра. 1985 – 549 с.
19. Дриженко А.Ю., Козенко Г.В., Рикус А.О. Відкрита розробка залізних руд України: стан і шляхи удосконалення: Монографія / ред. А.Ю. Дриженка. – Д.: Національний гірничий університет, П.:Полтавський літератор, 2009. – 452 с.
20. «Дополнение к проекту «Развитие сырьевой базы комбината ЦГОК на период до 2025 года» 03-69-П-ГО.ТР-ПЗ-Г.2014г.– 68с.
21. Беляков Ю.И. Проектирование экскаваторных работ. М., Недра, 1983, 349 с.
22. Шибанов Д. А., Шишлянников Д. І. , Иванова П. В. , Иванов С. Л. Комплексна оцінка факторів, що визначають напрацювання экскаваторів ЕКГ нової продуктової лінійки виробництва ІЗ-КАРТЕКС // Гірське обладнання та електромеханіка. - 2015. - № 9. - С. 3-9.
23. Ковальчук В. А., Ковальчук Т. М., Кравченко Н. В. Обґрунтування оптимального методу амортизації гірничого устаткування видобувного підприємства. *Економіка та суспільство*. 2019. № 20. <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/14>.
24. Брейдо І. В., Сичкаренко А. В., Котов Є. С. Системи віддаленого моніторингу режимів роботи високовольтних підстанцій і

- гірничодобувного обладнання для вугільних розрізів. *Проблеми і перспективи інноваційного розвитку економіки* : зб. наук. пр. Дніпропетровськ, 2015. Т. 8. С. 256–263.
25. Ковальчук, В. А., Ковальчук, Т. М., & Кравченко, Н. В. (2019). Обґрунтування оптимального методу амортизації гірничого устаткування видобувного підприємства. Економіка та суспільство, 20, 35-42. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2019-20-35>.
26. Симоненко, В.І., Анісімов, О.О., Гриценко, Л.С. (2017). Дослідження впливу гірничодобувних підприємств на навколишнє середовище при розробці нерудних родовищ. Збірник наукових праць НГУ. Дніпро, (52), 114-124.
27. Солодовник Л.М., Пономаренко П.І. Економіка виробничого підприємства: Навчальний посібник – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004 – 269 с.
28. НКУ ШЕ для екскаваторів кар'єрних гусеничних (механічних лопат) [Електронний ресурс] / НПО "МОДЭКС-ПРИВОД". — Режим доступу: <https://www.modex-drive.com/produktciya/nizkovoltnye-komplektnye-ustroystva/nku-she-dlya-ekskavatorov-karernykh-gusenichnykh-mekhanicheskikh-lopap/>. — Дата звернення: 23.05.2024. – НКУ ШЭ для экскаваторов карьерных гусеничных (механических лопат).
29. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
30. Методичні рекомендації до підготовки та захисту кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-професійною програмою «Технології відкритої розробки родовищ» другого (магістерського) рівня спеціальності 184 Гірництво/ Уклад. Григор'єв І.Є., Швець Є.М., Фесенко Е.В., Григор'єв Ю.І., Жукова Н.І. Запоріжжя, ТОВ

- «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024. 50 с.
31. ТОВ "Лінксервіс КР". Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://linkservice.kr.ua/>. – Дата звернення: 23.05.2024. – ООО «Линксервис КР» - централизованный системы смазки.
 32. Центральний гірничо-збагачувальний комбінат [Електронний ресурс] // Вікіпедія : вільна енциклопедія. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Центральний_гірничо-збагачувальний_комбінат]https://uk.wikipedia.org/wiki/Центральний_гірничо-збагачувальний_комбінат) (дата звернення: 06.10.2024).
 33. Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони / С. О. Довгий, М. М. Коржнев (ред.), О. М. Трофимчук та ін.; НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. Київ: Ніка-Центр, 2017. 208 с.