

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

**АВТОРЕФЕРАТ
кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Новітні технології розробки родовищ корисних копалин»
за спеціальністю 184 Гірництво

на тему «Обґрунтування робочих параметрів виймально-
навантажувального обладнання в умовах кар'єру ПрАТ
"Інгулецький ГЗК"»

Здобувач



Олена КРАСУЛЯ

Кривий Ріг 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.
Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі гірничої справи.

Керівник: Швець Єгор Миколайович,
кандидат технічних наук, доцент
кафедри гірничої справи ТОВ
Технічний університет «Метінвест
Політехніка»

Захист відбудеться 23 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні
екзаменаційної комісії (посилання на Тімс).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному
репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА» 26 січня 2024 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність дослідження. Гірничодобувна промисловість є однією передових галузей у світі. Її прибутковість та рівень гірничовизначається кількістю та якістю реалізованої продукції, а всі ключові показники досягаються завдяки обладнанню, яке здійснює безпосередню розробку кар'єрів. Тому особливу увагу слід приділяти техніці, її продуктивності та довговічності, адже завдяки цьому вдасться скорочувати час простою та робити операції економічно ефективними.

Об'єкт дослідження. Робочі параметри виймально-навантажувального обладнання при розробці кар'єру ПрАТ "Інгулецький ГЗК".

Мета дослідження. Обґрунтування робочих параметрів виймально-навантажувального обладнання Інгулецького ГЗК, що здійснює відпрацювання на розкривних та рудних уступах.

Ідея. Аналіз ініціатив, втілених на підприємстві, які направлені на підвищення технічної готовності обладнання, подовження терміну його експлуатації, безпечне виконання виймально-навантажувальних робіт та пошук ідей з модернізації техніки для забезпечення її стабільної і безперебійної роботи.

Методи дослідження. Для отримання достовірних результатів та розв'язання завдань у кваліфікаційній роботі застосовувалися такі методи: метод теоретичного дослідження (літературний огляд), функціонально-вартісний аналіз, метод контрольних питань, метод морфологічного аналізу, метод фокальних об'єктів, метод технічних протиріч.

Основні результати.

Наукова новизна: розглянуті рішення щодо модернізації виймально-навантажувального обладнання, які дозволили визначити

ефективність впроваджень та подовження терміну роботи екскаваторів.

Практична новизна: за результатами визначення оптимальних модернізацій робочих параметрів виймально-навантажувального обладнання в умовах кар'єру ПрАТ "Інгулецький ГЗК" запропоновані рішення для збільшення продуктивності екскаваторного парку.

Галузь застосування: гірництво, кар'єр ПрАТ «Інгулецький ГЗК».

Значення роботи. Дане дослідження має практичне значення. Завдяки проаналізованим даним вдалося знайти оптимальні рішення для покращення параметрів екскаватора, що і було завданням роботи.

Сировинною базою Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату є Інгулецьке родовище залізистих кварцитів, яке розташоване у південній частині Криворізького басейну. Протяжність родовища – понад 10 км.

Гірничі роботи із розробки покладу ведуться з 1961 року відкритим способом та включають два основні види робіт – розкривні та видобуткові.

Розкривні роботи полягають у підготовці до виїмки, вилучення, транспортування та складування розкривних порід для забезпечення доступу до корисних копалин та створення умов для його безпечного видобутку.

Добувні роботи забезпечують вилучення корисних копалин із надр для його подальшого збагачення та отримання готової продукції – залізорудної сировини.

Параметри Інгулецького родовища складають: довжина – 3 420 м (проектна – 3 600 м), ширина – 2 250 м (проектна – 2 250 м), глибина – 435 м (проектна - 667м). Саме цей кар'єр вважається одним із найбільш глибоких та потужних родовищ Європи.

Просування фронту гірничих робіт у кар'єрі проводиться від постійного південного борту у напрямку північ, паралельними заходками, навхрест простягання порід родовища.

На кар'єрі застосовується транспортна система розробки з використанням комбінованого транспорту: автомобільно-конвеєрного та автомобільно-залізничного.

Навантаження гірничої маси проводиться екскаваторами в автосамоскиди БелАЗ 75306 (г/п 200т), БелАЗ 75131 (г/п 130т), БелАЗ 7514 (г/п 120т), САТ 785С (г/п 136т) та думпкари 2ВС-105. Саме в Інгuleцькому кар'єрі в 2014 році вперше в Україні з'явилися перші 220-ти тонні автосамоскиди БелАЗ, які успішно працюють і сьогодні.

Серед виймально-навантажувального обладнання, яке використовується в Інгuleцькому кар'єрі: ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К, Hitachi EX3600-6, Hitachi EX2500-6.

Розробка здійснюється на горизонтах:

- пухких порід від плюс 72 м до мінус 45 м;
- скельних розкривних порід від плюс 26 м до мінус 420 м;
- видобуток руди від мінус 15 м і нижче до мінус 420 м

(станом на 01.01.2022 р).

Річна проектна потужність кар'єру з 2018 по 2025р.: по руді становить 27,3 млн т, по розкриву – 20,5 млн м³/рік. З 2026 по 2035р. по руді – 27,39 млн т, по розкриву – 22,17 млн м³/рік.

При розробці родовища корисних копалин одним із основних обладнань є виймально-навантажувальне, а саме екскаватори. Тому вкрай важливо забезпечити їхню безперебійну та стабільну роботу. Для цього необхідно шукати та розробляти економічно доцільні варіанти підвищення коефіцієнту технічної готовності та коефіцієнту використання обладнання. В даній кваліфікаційній роботі розглянуто можливі модернізації екскаваторів в Інгuleцькому кар'єрі, які дозволять не тільки продовжити строк експлуатації техніки, його

виробничу потужність, але й мають економічну вигоду для цеху та підприємства в цілому.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел, 1 додатку. Загальний обсяг роботи становить 77 сторінок, робота містить 8 рисунків, 10 таблиць. Список використаних джерел складається з 30 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Проаналізовано загальну характеристику екскаваторів. За принципом дії екскаватори поділяються на машини циклічної дії (одноківшевий екскаватор, драглайн, гідравлічний екскаватор) і безперервної дії (багатоківшевий екскаватор, роторний екскаватор, фрезерний екскаватор). Конструктивно екскаватори складаються з робочого, ходового, силового обладнання, механізмів їх привода і управління, допоміжного обладнання, платформи з рамою, надбудови і кузова. За експлуатаційним призначенням і родом роботи існуючі типи екскаваторів класифікують на кар'єрні, розкривні, видобувні, будівельні тощо. За типом ходового обладнання — гусеничні, крокуючі, пневмоколісні і рейкові, плавучі. За родом силового обладнання — електричні, дизельні, гідравлічні, комбіновані.

Залежно від системи розробки кар'єрного поля та порід що видобуваються обирається екскаватор за принципом дії, аби оптимально та раціонально відпрацювати родовище.

Криворізький залізно-рудний басейн характеризується багатими залізними рудами, для видобування яких використовують одноківшеві екскаватори (ЕКГ) та гідравлічні екскаватори.

Всі одноковшеві екскаватори відносяться до землерийних машин циклічної дії, призначені для виїмки та навантаження корисних копалин та розкривних порід при розробці м'яких щільних та скельних підірваних ґрунтів.

У робоче обладнання екскаватора входять: ковш з підвіскою, рукоять, стріла, підвіска стріли, двонога стійка та МВДК (МОДК).

Екскаватор розташовується на підошві вибою і розробляє забій, розташований вище за рівень, на якому знаходиться екскаватор. Екскаватор може працювати у м'яких та щільних породах без попереднього розпушування (без проведення первинного дроблення БВР).

У технологічному процесі Інгулецького кар'єру застосовуються екскаватори з електричним та гідравлічним приводами, на гусеничному ході типу: ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12К, Hitachi EX-2500-6, Hitachi EX-3600-6 з навантаженням гірської маси в авто- та залізничний транспорт, прийманням та укладанням гірської маси у відвал.

Зараз в кар'єрі ІНГЗК знаходиться на балансі працює 34 одиниці техніки:

ЕКГ-8І – 6 шт.

ЕКГ-10 – 18 шт.

ЕКГ-12К – 8 шт.

Hitachi EX2500-6 – 1 шт.

Hitachi EX3600-6 – 1 шт.

Гірничі роботи в кар'єрі ведуться на основі місячної програми гірничих робіт, складеної з урахуванням розробленого, погодженого та затвердженого інспектуючими органами річного плану розвитку гірничих робіт, паспортів ведення гірничих робіт, заходів щодо безпечного виконання робіт.

У проектах гірничих робіт наносяться:

- положення верхніх і нижніх брівок уступу, що відпрацьовується;
- фактичних та проектних позначок горизонту;
- межі підірваної гірської маси;
- положення існуючих автошляхів, залізничних колій, ЛЕП, трубопроводів, технічних споруд, підземних виробок, види порід та контакти на даній ділянці;
- розрізи;
- межі проектних контурів (за потреби);
- межі санітарно-захисної зони.

Під час проектування гірничих робіт має бути враховано:

- параметри застосовуваного виїмково-вантажного та транспортного обладнання;
- безпечні відстані під час роботи обладнання на суміжних горизонтах;
- напрямки гірничих робіт та їх інтенсифікація;
- структура та фізико-механічні властивості гірських порід.

Кожному проекту надають назву та вказують дату його складання.

Проект гірничих робіт підписують проектувальник, маркшейдер Кар'єру, начальник технічного бюро Кар'єру, спеціаліст за напрямом Кар'єру та затверджує заступник начальника Кар'єру з виробництва та планування.

Перегін екскаваторів в Інгулецькому кар'єрі за допомогою дизель-генераторної установки (ДГУ) здійснюється за потреби переміщення обладнання на значні відстані. Перегін виконується згідно з діючою технологічною інструкцією ТІ 00190905.01.004.

Розглянуто варіації модернізації та ремонтів техніки в умовах кар'єру ПрАТ "Інгулецький ГЗК", які довели свою ефективність. Заміна типу робочого каната, що застосовується на екскаваторах ЕКГ-8І. Привід ходу ЕКГ-10 на ЕКГ-8І. Завантаження вантажних автомобілів

екскаватором ЕКГ-12К на обидві сторони. Обладнання ковшами місткістю 12 м³ екскаватора ЕКГ-10. Модернізація ковша ЕКГ-12. Виготовлення пальців для ЕКГ-12. Збільшення надійності та ходимості електродвигунів підйому на ЕКГ-8. Переобладнання ковша ЕКГ V10м³ у ківш ЕКГ V12м³ під розкривні роботи. Зниження ймовірності отримання травми під час заміни каната на ЕКГ. Відновлення ковшів ЕКГ із збільшенням корисного обсягу. Збільшення ходимості ковшів ЕКГ 10-12 м³. Пожежна безпека на ЕКГ.

Проаналізувавши ці рішення та побачивши їх на практиці можна дійти висновку про ефективність даних модернізацій. Вони дійсно дозволяють не тільки гарантувати безпеку під час екскавації, але й зберегти та подовжити термін роботи виймально-навантажувального обладнання.

Дослідивши на практиці робочі параметри виймально-навантажувального обладнання в умовах кар'єру ПрАТ "Інгулецький ГЗК" з'ясувала, що головною задачею є збільшення продуктивності екскаваторного парку. Тому автор пропонує рішення – проводити установку подовженого обладнання.

Щорічно підприємством витрачаються великі кошти на переукладання залізничних шляхів в кар'єрі, а також відбувається простій гірничого обладнання під час переукладання колій. Загалом переукладання 1 км залізничного шляху обходиться комбінату приблизно 3 млн грн. Окрім цього при переукладанні екскаватори не беруть участь у виробничому процесі, тим самим зменшують об'єм транспортування розкривних порід завдаючи додаткових втрат для комбінату та знижуючи потенційний коефіцієнт використання обладнання.

Рішення даного завдання: при проведенні капітальних ремонтів екскаваторів типу ЕКГ-8 та ЕКГ-10 кар'єрної та відвальної групи проводити установку подовженого обладнання – балки-рукояті з 9,4

до 11,7 метрів та стріли (верхня та нижня секції) з 13,35 до 16,5 метрів (типу ЕКГ-6,3 УС), тим самим збільшуючи ширину заходки екскаватора з подовженим обладнанням у порівнянні зі стандартним обладнанням.

Кар'єрний гусеничний екскаватор ЕКГ-8І може бути переобладнаний на екскаватор ЕКГ-6,3ус, ЕКГ-8у (модифікації). Для цього необхідно зробити заміну робочого обладнання (стріли, рукояті, підвіски стріли, канатних барабанів, додати вагу контрвантажувача, встановити канати відповідної довжини (подовжені), а також змінити кут нахилу стріли з 47 градусів на 50 градусів). Основні вузли уніфіковані з відповідними вузлами екскаватора ЕКГ-6, ЗУС, ЕКГ-8У.

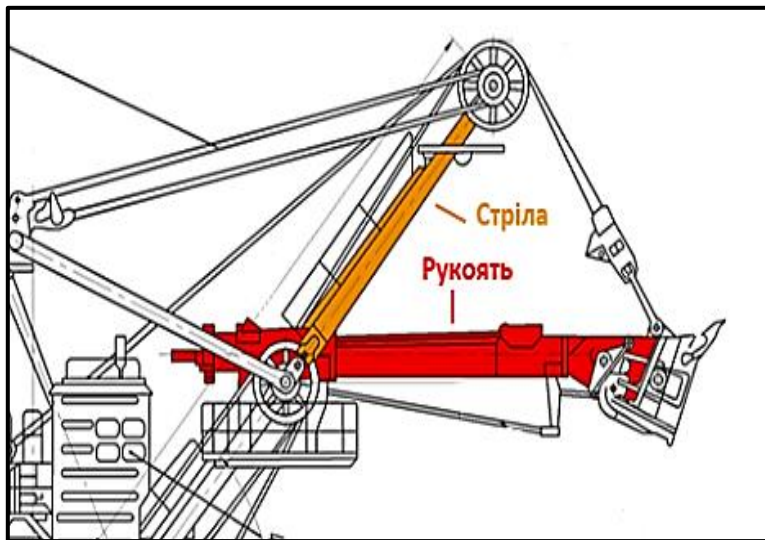


Рисунок 1 – Схема установки подовженого обладнання – балки-рукояті та стріли (верхня та нижня секції).

Завдяки даному рішенняю вдається:

- підвищити загальну річну продуктивність екскаваторного парку кар'єрної, а також відвальної групи шляхом підвищення корисного робочого часу за рахунок зниження загальної кількості переукладань;
- суттєво зменшити кількість переукладання залізничних колій, оскільки збільшується крок переукладань при використанні подовженого обладнання;

- знизити витрати на будівництво залізничних колій, шляхом зменшення періодичності переукладання за рахунок збільшення обсягів гірничої маси спланованої в одне заходження;

- зменшити ризики обвалення гірничої породи за рахунок збільшення висоти зачерпування ковшем у забої.

Прорахований економічний ефект при модернізації всього екскаваторного парку (8 одиниць, які знаходяться на розкритті). Разова вартість модернізації складатиме 46,1 млн грн, термін окупності - 14 місяців. В такому разі ми отримуємо зменшення довжини переукладання залізничних колій на 10 кілометрів на рік (на 17%) та зниженням витрат на майже 29 млн грн щорічно та відповідно підвищення коефіцієнта використання обладнання до 4,5 %.

Приблизний строк переобладнання 1 екскаватора 15 діб. Цей процес може бути суміщений не тільки з графіком капітальних ремонтів а й також на час переукладання залізничних шляхів залізнодорожнім краном, який становить 15 діб. Для скорочення простою та відповідно збільшення коефіцієнта використання гірського обладнання під час самого переукладання можливо проводити планово-попереджувальні ремонти та технічне обслуговування.

Автор у даній роботі розглянув і основні ризики, які можуть виникнути під час впровадження даного рішення. Насамперед перед введенням в експлуатацію – обов'язкове проходження технічної експертизи та випробування обладнання.

Серед технічних ризиків:

- Нестійкість екскаватора при подовженні конструкції стріли.

Рішенням цієї проблеми є додання контргрузу.

- Недостатня видимість ковша.

Рішення: посилення освітлення / встановлення додаткового освітлення.

- Зменшення видимості робочої зони.

Рішення: встановлення розширеної сигналізації (RED KILL ZONE – додаток А).

- Зміна технічних параметрів (радіусу розвороту, довжина обладнання та ін.).

Рішення: після модернізації техніки провести навчання та тренінг-інструктажі для персоналу з послідуною перевіркою знань у вигляді екзамену. Провести оцінку ризиків із залученням спеціалістів та робітників і доповнення карт ризиків по кожному екскаватору.

- Порушення стійкості вузлів кріплення подовжених частин до рами ЕКГ та збільшення навантаження на них під час роботи.

Рішення: стійкість вузлів не порушується, оскільки проводимо лише подовження канату та барабану і змінюємо кут нахилу з 45° на 50°. Конструктивно обладнання не змінюється, а заводом виробником уже передбачено можливість подовження обладнання.

Модернізуючи обладнання і збільшуючи тим самим висоту черпання ковша нівелюється підвищений ризик створення небезпечного нависання породи на верхній брівці уступів, що може спричинити її обвалення і створювати загрозу обладнанню та працівникам.

Ще одним не менш ефективним рішенням для підвищення продуктивності екскаваторного парку запропонованим автором є модернізація екскаватора ЕКГ-10 госп.№33.

На сьогодні існує така проблема, як аварійний стан базового обладнання, а саме: руйнування металокопструкції рами поворотної платформи; фізичний знос вузлів механізму ходу, робочого обладнання, редукторів і лебідок напору, підйому на екскаваторі.

Подальша експлуатація екскаватора без виконання модернізації може призвести до тривалої зупинки устаткування через руйнування металокопструкції рами поворотної платформи і систематичних відмов вузлів екскаватора через фізичний знос. Також

це призведе до простою екскаватора і відповідно до ризику невиконання виробничої програми, як місячної, так і річної.

Тому дієве рішення цієї проблеми – це виконати модернізацію екскаватора ЕКГ-10 госп. №33 шляхом заміни наявних низьковольтних комплектних пристроїв із системою керування Генератор-Двигун, на НКП із системою керування Тиристорний перетворювач-Двигун.

На даний момент екскаватори ЕКГ-10 оснащені системою генератор-двигун (G-D), яка споживає 878 кВт*год при повному навантаженні і 65 кВт*год на холостому ході.

Пропонується встановити тиристорний привід-двигун (ТП-Д), що призведе до зниження споживання електроенергії на 10 кВт*год при повному навантаженні і на 60 кВт*год на холостому ході.

Завдяки впровадженню системи управління електроприводів ТП-Д вдасться:

- Знизити вартість ремонтів (відсутність необхідності заміни генераторів, двигунів і комплектуючих).
- Виключення обертових частин (безпека персоналу).
- Зниження споживання електроенергії (яка споживає 850 кВтг при повному завантаженні і 60 кВтг в режимі холостого ходу).
- Зниження циклу навантаження за рахунок виключення часу на перемагнічування генераторів.



Рисунок 2 – НКП із системою керування Тиристорний перетворювач-Двигун

Модернізація полягає в демонтажі наявної системи Г-Д і встановлення нових шаф управління системи ТП-д із заміною кабельно-провідникової продукції.

Для коректної роботи системи ТП-Д необхідно провести заміну таких компонентів (через незадовільний технічний стан): опорно-поворотний пристрій, лебідка напорю та підйому, цапфа центральна, привід механізму повороту, поворотна платформа, 4-х машинний агрегат і система керування екскаватором (заміна на систему ТП-Д), рукоять, ківш, кабіна, двонога стійка, стріла - ремонт (нижня і верхня секція стріли - ремонт, сідловий підшипник - заміна, підкіс правий/лівий - заміна, блоки головні - заміна, блоки дворучні - заміна), кузов та механізм ходу – ремонт.

ВИСНОВКИ

1. Для виконання планових показників та виробничої програми із забезпечення рудозбагачувальних фабрик ПрАТ «Інгулецький ГЗК» рудою та виконання обсягів розкривних робіт у цеху Кар'єр використовується виймально-навантажувальне обладнання, а саме одноківшеві екскаватори (ЕКГ-8І, ЕКГ-10, ЕКГ-12) з електричним приводом та дизельні гідравлічні екскаватори (Hitachi-2500 EX і Hitachi-3600-6).
2. Головною задачею цеху на сьогодні є збільшення продуктивності екскаваторного парку. Тому необхідно знайти оптимальні рішення для забезпечення безперебійної та стабільної роботи виймально-навантажувальне обладнання кар'єру.

3. Проаналізувавши впроваджені ініціативи з модернізації техніки можна стверджувати про їхню дієвість та ефективність, адже завдяки ним підвищується технічна готовність обладнання, подовжується термін експлуатації та забезпечується безпечно виконання виїмково-навантажувальних робіт.
4. В даній кваліфікаційній роботі мною запропоновано проводити установку подовженого обладнання. Завдяки цій ініціативі вдається підвищити загальну річну продуктивність екскаваторного парку кар'єрної, а також відвальної групи шляхом підвищення корисного робочого часу за рахунок зниження загальної кількості переукладань; суттєво зменшити кількість переукладання залізничних колій, оскільки збільшується крок переукладань при використанні подовженого обладнання; знизити витрати на будівництво залізничних колій, шляхом зменшення періодичності переукладання за рахунок збільшення обсягів гірничої маси спланованої в одне заходження; зменшити ризики обвалення гірничої породи за рахунок збільшення висоти зачерпування ковшем у забої.
5. Не менш ефективним рішенням є модернізація екскаватора ЕКГ-10 госп.№33, завдяки заміні наявних низьковольтних комплектних пристроїв із системою керування Генератор-Двигун, на НКП із системою керування Тиристорний перетворювач-Двигун. Це дозволить знизити вартість ремонтів (відсутність необхідності заміни генераторів, двигунів і комплектуючих); виключити обертові частини (безпека персоналу), знизити споживання електроенергії та цикл навантаження за рахунок виключення часу на перемагнічування генераторів.
6. Таким чином дане дослідження має практичне значення, а запропоновані пропозиції можуть бути реалізовані в найкоротші

терміни та втілюють головне завдання – підвищення коефіцієнту технічної готовності, коефіцієнту використання обладнання, мають економічну вигоду для цеху та підприємства в цілому.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Красуля О. О., Новіков М. О. Спосіб встановлення беззамкового фрикційного анкера // Збірник матеріалів 16-ої міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. – 2023. – 69 с.
2. Пижик А.М., Красуля О. О. Технологія рекультивациі виробленого простору виведеного з експлуатації кар'єру // International scientific conference «MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education» : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia: «Baltija Publishing». – 2023. – 2723 pages.

АНОТАЦІЯ

Красуля О.О. «Обґрунтування робочих параметрів виймально-навантажувального обладнання в умовах кар'єру ПрАТ "Інгулецький ГЗК"».

Розглянуто особливості робочих параметрів виймально-навантажувального обладнання кар'єру Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату. Проаналізовано впроваджені на підприємстві ініціативи з модернізації техніки, їхню дієвість та ефективність, завдяки яким підвищується технічна готовність обладнання, подовжується термін експлуатації та забезпечується безпечне виконання виїмково-навантажувальних робіт.

Запропоновано рішення з проведення установки подовженого обладнання: балки-рукояті та стріли (верхня та нижня секції) на екскаваторах типу ЕКГ-8 та ЕКГ-10, а також виконання модернізації екскаватора ЕКГ-10 госп. №33 шляхом заміни наявних низьковольтних комплектних пристроїв із системою керування Генератор-Двигун, на НКП із системою керування Тиристорний перетворювач-Двигун.

Ключові слова: екскаватор, кар'єр, забій, гірничі роботи, модернізація, переобладнання, виймально-навантажувальні роботи, автосамоскиди, локомотиви, залізничні колії.

ABSTRACT

Krasulia O.O. "Substantiation of the operating parameters of the extraction and loading equipment in the conditions of the open pit of PJSC "Ingulets GOK".

The features of the operating parameters of the mining and loading equipment of the open pit of the Ingulets Mining and Processing Plant are considered. The initiatives implemented at the enterprise to modernize equipment, their effectiveness and efficiency, which increase the technical readiness of equipment, extend the service life and ensure the safe performance of excavation and loading operations, are analyzed. A solution is proposed for the installation of extended equipment: beam arms and booms (upper and lower sections) on excavators of the EKG-8 and EKG-10 types, as well as the modernization of the EKG-10 excavator of the state farm No. 33 by replacing the existing low-voltage complete devices with the Generator-Motor control system with the Thyristor Converter-Motor control system.

Keywords: excavator, quarry, face, mining operations, modernization, re-equipment, extraction and loading operations, dump trucks, locomotives, railroad tracks.