

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

На правах рукопису

ДИНЯК СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 622.235

**РОЗРОБКА ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ЩЕБЕНЮ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ**

Спеціальність 05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин

Дисертація
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник –
Ткачук Костянтин Костянтинович
доктор технічних наук, доцент

Київ – 2016

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ З ПИТАНЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ	10
1.1 Актуальність дослідження	10
1.2 Аналіз сучасних технологічних схем виробництва щебеню застосовуваних на гранітних кар'єрах	12
1.3 Аналіз сучасних технологічних комплексів для виробництва щебеню	23
1.4 Оцінка сучасного стану технологій виробництва щебеню і постановка задач дослідження.....	32
РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗТАШУВАННЯ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ З МЕТОЮ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ.....	34
2.1 Характеристика умов проведення експерименту	34
2.2 Аналіз методики експериментальних досліджень	38
2.3 Аналіз результатів проведення експериментів	42
2.4 Еколого-економічна ефективність застосування запропонованої мережі свердловин	46
Висновки	52
РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОГО ПОДРІБНЕННЯ ГІРСЬКОЇ МАСИ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ.....	54
3.1 Обґрунтування раціонального типу дробарного обладнання для розробки циклічно-поточної технології виробництва щебеню	54
3.2 Технологічні особливості дробарного комплексу Metso Superior МК- П 54-75.....	58
3.3 Дослідження впливу геометричної форми шматка гірської маси на продуктивність дробарного обладнання.....	64

3.4 Розрахунок викидів шкідливих речовин при подрібненні та транспортуванні гірської маси.....	71
Висновки	83
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ КРУТОПОХИЛОГО КОНВЕЄРА У ТЕХНОЛОГІЮ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ.....	85
4.1 Обґрунтування раціонального типу конвеєрного обладнання для удосконалення циклічно-поточної технології виробництва щебеню	85
4.2 Технологічні особливості КНК-270	88
4.3 Дослідження напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра.....	93
4.4 Розрахунок еколого-економічної ефективності впровадження дробарки Metso Superior МК-II 54-75 у поєднанні з крутопохилим конвеєром КНК-270	98
Висновки	100
РОЗДІЛ 5. РЕАЛІЗАЦІЯ В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ	102
5.1 Характеристика промислових умов та існуючої технології виробництва щебеню	102
5.2 Промислова перевірка циклічно-поточної технології виробництва щебеню в умовах ПАТ «Малинський каменедробильний завод»	109
5.3 Еколого-економічна ефективність впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню	115
Висновки	122
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	124
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	127
Додаток А.....	140
Додаток Б	141
Додаток В.....	143

ВСТУП

Актуальність теми. Об'єми виробництва щебеню у світі постійно зростають. Підвищений попит на високоякісний щебінь пов'язаний із виконанням державних програм будівництва доріг та доступного житла, що стимулює значну кількість підприємств до випуску такого продукту. Для підтримки конкурентоспроможності своєї продукції та відповідності її вимогам ринку підприємства змушені модернізувати виробництво шляхом реконструкції діючих та будівництва нових технологічних ліній із застосуванням як ефективних методів підривних робіт, так і сучасного дробарного обладнання. Підривні роботи при цьому є однією з основних технологічних операцій, що визначає ефективність наступних процесів переробки гірської маси і технологічного циклу в цілому, тому управління механізмом руйнування масиву – одна з головних задач як вчених, так і виробників.

Велика глибина розробки відкритим способом характеризується значним збільшенням відстані перевезення гірської маси. На більшості кар'єрів України використовується автомобільний транспорт, що веде за собою необхідність зниження транспортних витрат на перевезення гірської маси. Варто відзначити, що необхідна якість щебеню забезпечується не лише в процесі підривних робіт, але й на стадії механічної переробки гірської маси. Тому обов'язковим є забезпечення відповідності якісних та кількісних показників гірської маси технологічним параметрам сучасного дробарного обладнання.

У зв'язку з цим актуальним науково-практичним завданням є удосконалення та розробка комплексних технологічних схем виробництва щебеню на основі застосування новітніх високоефективних одиниць гірничого обладнання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі інженерної екології відповідно

до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року N 3268-VI), а також плану наукових досліджень кафедри інженерної екології НТУУ «КПІ», і є складовою частиною НДР: «Оптимізація гірничо-технологічних процесів за рахунок підвищення рівня екологічної безпеки Товкачівського ГЗК» (№ ДР 0115U000108); «Забезпечення збалансованого природокористування, зниження енергоємності виробництва та підвищення рівня екологічної безпеки підприємств на базі аналізу та синтезу оптимальних геотехнологічних процесів» (№ ДР 0111U010300), в яких автор брав участь як виконавець.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню за рахунок розташування дробарного обладнання в зоні кар'єру та скорочення кількості проміжного транспортно-навантажувального обладнання.

Для досягнення сформульованої мети в дисертаційній роботі поставлено і вирішено наступні завдання:

- встановити залежність виходу негабариту від параметрів розташування свердловинних зарядів, які забезпечують фракційний склад гірської маси, що відповідає технологічним можливостям високопродуктивного дробарного обладнання первинного подрібнення;

- встановити залежність продуктивності сучасного дробарного устаткування від геометричної форми шматка гірської маси;

- встановити залежність напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра від завантаження стрічки з метою підтримання стабільної продуктивності обладнання;

- визначити еколого-економічну ефективність впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню на базі сучасного дробарного обладнання в поєднанні з крутопохилим конвеєром на гранітних кар'єрах.

Об'єктом досліджень є процес виробництва щебеню з моменту видобутку граніту до первинного подрібнення та транспортування на дробарно-сортувальний завод.

Предметом дослідження є технологічні параметри підривних робіт, дробарного устаткування та крутопохилих конвеєрів при циклічно-поточній технології виробництва щебеню.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач у роботі використовувались сучасні методи наукових досліджень: аналізу – для узагальнення сучасних досягнень по удосконаленню технології виробництва щебеню; експериментальних досліджень в натурних умовах – для визначення виходу негабариту при зміні параметрів розташування свердловинних зарядів; математичної статистики – для обробки експериментальних даних та встановлення залежності виходу негабариту від параметрів розташування свердловинних зарядів; математичного моделювання – для встановлення залежності продуктивності дробарного обладнання від геометричної форми шматків гірської маси; фізичного моделювання – для встановлення залежності напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра від завантаження стрічки; еколого-економічного аналізу – для оцінки ефективності впровадження результатів дослідження у промисловість.

Наукова новизна одержаних результатів, що виносяться на захист, представлена науковими положеннями, в яких вперше:

– розроблено наукові основи циклічно-поточної технології виробництва щебеню, які полягають у застосуванні сучасної гіраційної дробарки, розташованої на двох спарених уступах в зоні кар'єру, та поєднанні її з крутопохилим конвеєром (кут нахилу 37°), що дозволяє скоротити втричі кількість проміжного транспортно-навантажувального обладнання, підвищити продуктивність кар'єру до 2,5 млн. т/рік та екстренну сезонну – до 2000 т/год;

– встановлено кореляційні залежності виходу негабариту від параметрів розташування свердловинних зарядів, які забезпечують

фракційний склад гірської маси (розмір негабариту – більше 1300 мм, вихід негабариту – менше 8%), що відповідає технологічним можливостям високопродуктивного (до 2000 т/год) дробарного обладнання первинного подрібнення;

- визначено залежність продуктивності гіраційного дробарного обладнання від геометричної форми шматка гірської маси, яка описується рівнянням Кассіні;

- встановлено залежність напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра (кут нахилу 37°) від завантаження стрічки (в діапазоні 50-100%) для підтримання стабільної продуктивності обладнання.

Практичне значення отриманих результатів полягає в:

- розробці циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах з застосуванням сучасного дробарного обладнання в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром;

- підвищенні економічних показників підприємств, що займаються виробництвом щебеню;

- зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище, а саме обсягів пилу та газу, за рахунок зменшення обсягу бурових робіт, скорочення витрат вибухової речовини, зменшення обсягу вторинного дроблення гірської маси та скорочення втричі транспортно-навантажувального обладнання.

Результати досліджень прийняті до впровадження на ПрАТ «Коростенський ГЗК», ПАТ «Малинський каменедробильний завод» та використовуються в навчальному процесі НТУУ «КПІ».

Особистий внесок здобувача у роботи, опубліковані у співавторстві, полягає у: [70] – пропозиції застосування дробарно-навантажувального пункту в зоні інтенсивного ведення гірничих робіт на базі крутопохилого конвеєра у поєднанні з розробкою нових способів підвищення ефективності буропідривних робіт; [77] – участі в розробці методики прогнозування сейсмостійкості об'єктів, що охороняються, при підриванні групи

циліндричних зарядів, яка на основі вихідних параметрів підричних робіт, ґрунтових зусиль та характеристик об'єкта дозволяє розраховувати сейсмічне навантаження на об'єкт і у випадку перевищення допустимих норм скоригувати параметри вибуху; [78] – встановленні закономірностей впливу довжини заряду та його віддалення від вільної поверхні на характер зони руйнування середовища вибухом; [105] – удосконаленні технології виробництва щебеню за рахунок застосування і встановлення в зоні проведення гірничих робіт сучасної гіраційної дробарки у комплексі з крутопохилим конвеєром, встановленні залежності продуктивності гіраційної дробарки від форми шматків гірської маси; [85] – обґрунтуванні раціональної відстані між свердловинами, яка може забезпечити розмір шматка гірської породи, що відповідає розмірам приймального отвору сучасних дробарок; [114] – встановленні оптимальних параметрів буропідричних робіт з урахуванням використання свердловин малого діаметру при видобутку скельних порід; [113] – обґрунтуванні ефективних відстаней між зарядами в ряду та між рядами з урахуванням анізотропії порід та напрямку поширення основної системи тріщин для еліпсоподібної зони дроблення.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та окремі результати роботи доповідались та обговорювались на: міжнародній науково-практичній конференції «European Innovation» (Мартінес, Франція, 2014); міжнародній науково-практичній конференції «European Science and Technology» (Саутгемптон, Великобританія, 2014); Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (Житомир, 2015); VII міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, 2015); науково-технічних радах ТОВ «Юнігран» та на наукових семінарах кафедри інженерної екології Національного технічного університету України «КПІ».

Публікації. Основний зміст дисертації викладено у 10 наукових працях, у тому числі: у 7, опублікованих у провідних фахових виданнях, з

яких 1 входить до наукометричних баз даних; 1 статті, опублікованій у науково-технічному виданні, та 2 тезах доповідей.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів і висновку, викладених на 146 сторінках машинописного тексту, у тому числі містить 43 рисунки, 27 таблиць, список використаних джерел із 114 найменувань та додатки.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ З ПИТАНЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ

1.1 Актуальність дослідження

Об'єми виробництва щебеню у світі перевищують 3 млрд. м³ на рік. Цікавою особливістю його є те, що ціни на нього у всьому світі за останні 50 років виростили у 2,5-3 рази, а виробництво залишається достатньо простим. Однак простота виробництва щебеню – оманлива, так як сучасні технології виробництва будівельних матеріалів та виробів на їх основі висувають все більш високі вимоги до якості щебеню [1].

Як правило, напрямки використання щебеню залежать від спеціалізації підприємств, що їх використовують [2]. Підвищений попит на високоякісний щебінь пов'язаний і з виконанням державних програм будівництва доріг та доступного житла, що стимулює значну кількість підприємств до випуску такого продукту. Для підтримки конкурентоспроможності своєї продукції та відповідності її вимогам ринку підприємства змушені модернізувати виробництво шляхом реконструкції діючих та будівництва нових технологічних ліній із застосуванням як ефективних методів підричних робіт, як основного способу отримання гірської маси, так і сучасного дробарного обладнання [3].

Об'єми та напрямки використання щебеню залежать, в основному, від розміру та форми його фракцій (табл. 1.1). Після кризи в даній галузі, яка спостерігалась у 90-х роках минулого століття, підприємства з випуску щебеню поступово оновлюють технологічне обладнання, переходять на виготовлення ізометричного щебеню (кубовидного), який має більший попит у сучасному будівництві [2].

Таблиця 1.1 – Напрямки використання щебеню в залежності від фракційних розмірів

Продукція	Напрямки використання
Фракція 0,63-2,0 мм	посипка для руберойду
Фракції 1-3 мм, 2-5 мм	наповнювач при виробництві тротуарної плитки, наливної підлоги, асфальтобетону, а також у фільтрах очисних споруд
Фракція 3-10 мм	наповнювач при виробництві бетону і асфальту для будівництва будівель і доріг
Фракції 4-8 мм, 8-11 мм	для верхнього шару покриття доріг, при виробництві залізобетонних конструкцій
Фракція 5-20 мм	при виробництві асфальтної і бетонної продукції, яка використовується для будівництва житлових та офісних комплексів, для будівництва і ремонту доріг з високоякісним покриттям
Щебінь середніх фракцій (20-70 мм)	для будівництва та ремонту доріг, залізничних полотен
Декоративний щебінь і пісок різних фракцій (5-10 мм, 0,5-5 мм, 0-2,5 мм) з мармуру	для мозаїчних і наливних підлог, декоративних штукатурок, ландшафтного дизайну, як карбонатний наповнювач у сухих будівельних сумішах, наповнювач у декоративних бетонах та «білому» асфальті
Бутовий камінь	для декоративного та ландшафтного будівництва, будівництва цоколів будинків, огорож, парапетів, підпірних стінок

Підривні роботи при цьому є однією з основних технологічних операцій, їх частка складає, як правило, 15-40% загальних витрат [4]. Подрібнення гірської маси в процесі її відділення від масиву визначає ефективність наступних процесів її переробки і технологічного циклу в цілому, тому управління механізмом руйнування масиву – одна з головних задач як вчених, так і виробників.

Велика глибина розробки відкритим способом, яка досягає 350 м і більше, характеризується значним збільшенням відстані перевезення гірської маси. На більшості кар'єрів України в умовах постійно зростаючої глибини використовується автомобільний транспорт, що веде за собою необхідність зниження транспортних витрат на перевезення гірської маси. Це вимагає

розробки сучасних підходів до визначення оптимальних параметрів об'єктів циклічно-поточної технології, у тому числі і перенавантажувальних пунктів у сукупності з функціонуванням автомобільного транспорту як на стадії проектування, так і планування гірничих робіт у кар'єрах [5, 6].

Варто відзначити, що необхідна якість щебеню забезпечується не лише в процесі підричних робіт, але й на стадії механічної переробки гірської маси. Тому обов'язковим є забезпечення відповідності якісних та кількісних показників гірської маси технологічним параметрам дробарного обладнання.

У зв'язку з цим актуальним науково-практичним завданням є удосконалення комплексу технологічних процесів виробництва щебеню на основі сучасних уявлень про механізм руйнування гірських масивів та застосування новітніх високоефективних одиниць гірничого обладнання. Актуальність питання підтверджується також і створеною «Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» (Закон України від 21 квітня 2011 року № 3268-VI).

1.2 Аналіз сучасних технологічних схем виробництва щебеню застосовуваних на гранітних кар'єрах

Процес виробництва щебеню включає два основні етапи: безпосередньо видобуток гірської породи і її переробку. За допомогою підричних робіт роздроблюється гірська маса, після чого негабаритну фракцію спецтехнікою розколюють на необхідного розміру шматки, які транспортуються на подрібнювально-сортувальну ділянку разом з подрібненою вибухом гірською масою [1]. Потім проводиться просіювання, далі сортування за фракційними розмірами: від 0 до 5; від 2 до 5; від 5 до 20; від 20 до 40; від 40 до 70; від 25 до 60; з цієї маси відсортовуються нефракційні шматки розміром 70-100 і 100-250 мм [7].

Теоретичні та експериментальні дослідження у напрямку удосконалення технології підривних робіт успішно проводяться: Бойком В.В., Воробйовим В.В., Воробйовим В.Д., Дриженком А.Ю., Коміром В.М., Кравцем В.Г., Крисіним Р.С., Кривцовим М.В., Кузнєцовим В.М., Луговим П.З., Мецом Ю.С., Мосинцем В.М., Падуковим В.О., Петренком В.Д., Репіним М.Я., Родіоновим В.М., Федоренком П.Й., Кільстромом Б., Куком М., Лангефорсом У. та іншими.

Загалом такі дослідження умовно можна розділити на три групи [8]:

- обґрунтування способів урахування властивостей гірських порід при проектуванні підривних робіт;
- розробка нових типів вибухових речовин, конструкцій зарядів та способів їх ініціювання;
- обґрунтування методів управління енергією вибуху, які базуються на врахуванні природних і технологічних чинників для різноманітних гірничо-технологічних умов розробки скельних порід відкритим способом та інше.

Результати досліджень [8-32] дозволили підвищити ефективність та якість підготовки гірської маси у кар'єрах і в цілому техніко-економічні показники роботи підприємств.

Енергія вибуху промислових вибухових речовин у разі дроблення скельних порід на кар'єрах реалізується застосуванням, в основному, свердловинних зарядів за багаторядного розміщення і короткосповільненого висаджування. За допомогою підривних робіт здійснюється різний за характером технологічний вплив на породи в процесі їх руйнування. Це зумовило створення різних способів (методів) керування дією висаджування [14].

В роботі [15] розглянуто питання підривного руйнування неоднорідних скельних порід на базі комплексного поєднання аналітичного та експериментального методів досліджень, надана характеристика властивостей масивів скельних порід як об'єкту руйнування з урахуванням

мінливості їх у просторі та часі, а також описано вплив основних характеристик скельного масиву на вибір параметрів та кінцеві результати підривних робіт, наведено дані моделювання процесу вибуху одиночних та групових зарядів на зразках із еквівалентних матеріалів та гірських порід, запропоновано підхід в проектуванні параметрів масових вибухів і наведені методи підвищення надійності їх проведення.

Автори [14] стверджують, що ефективність процесу висаджування залежить, окрім ступеню досконалості самого процесу, від сукупного впливу на нього фізико-технічних властивостей і характеристик масивів гірських порід. Проте кожна з відомих властивостей на цей процес впливає по-своєму і врахування одночасно окремо впливу їх у практиці підривних робіт досить ускладнене. За оптимального взаємозв'язку характеристик масиву і параметрів підривних робіт забезпечуються рівномірне дроблення і мінімальні втрати корисної копалини.

В роботі [25] проаналізовано відомі і нові конструкції свердловинних зарядів, що використовуються або випробовуються на кар'єрах при вибуховому руйнуванні порід різного рівня обводненості. Аналізується механізм руйнування порід в залежності від конструкції і умов підривання зарядів вибухових речовин. Наведено результати подрібнення порід при використанні різних конструкцій зарядів. Аналіз проведених авторами досліджень і матеріалів науково-технічної інформації підтвердив необхідність при проектуванні підривних робіт враховувати поряд з умовами підривання (міцність і рівень обводненості гірських порід) конструктивні параметри одиночного свердловинного заряду і умови передачі енергії вибуху конкретної вибухової речовини в масив гірської породи, що руйнується. Розосереджені (повітряними чи водними проміжками) свердловинні заряди вибухових речовин, а також подовжені заряди змінного діаметру з повітряними чи водними проміжками між вибуховою речовиною і масивом порід забезпечують їх якісне дроблення при зменшеній витраті

вибухової речовини, а також зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище.

Курінний В.П. [27] приділив увагу питанням руйнування й знеміцнення гірських порід при вибуховому навантаженні, а також методам та способам керування процесом руйнування. Запропонував новий підхід у розгляді знеміцнення при вибуху, який базується на встановленні взаємозв'язку процесів, що протікають у зарядній порожнині, з процесами руйнування породи. Автором встановлено характер зміни динамічного поля напружень, що виникає при вибуху циліндричних зарядів вибухових речовин, сформульовано умови знеміцнення при вибуху, розроблено конструкції зарядів вибухових речовин, що забезпечують каскадне висадження й багаторазове навантаження масиву дією вибухових навантажень. Розроблені способи руйнування пройшли експериментальну перевірку в полігонних і промислових умовах і були широко впроваджені на гранітних кар'єрах України.

Однак, у ряді випадків, відомі наукові, технічні та технологічні розробки в повній мірі не забезпечують ефективного подрібнення гірських порід. Розроблені на основі перелічених досягнень рекомендації та методики [33], які використовуються для проектування параметрів підричних робіт, базуються, в основному, на емпіричних залежностях, які в достатній мірі не враховують вплив властивостей і структурно-текстурних особливостей породи у взаємозв'язку з характеристиками вибухових речовин та можливостями сучасного технологічного обладнання на результати вибуху. Підтвердженням цього є втрати корисної копалини на нерудних кар'єрах у межах 10-45% [14]. Не реалізовано можливість коригування рецептури вибухових речовин при підриванні шаруватих масивів.

Другим етапом технологічної схеми виробництва щебеню (рис. 1.1) є переробка гірської маси, яка включає наступні стадії [1]:

– первинне подрібнення – на цій стадії кам'яний бут завантажується в бункер живильника, де здійснюється рівномірна подача гірської маси в

дробарку первинної обробки. Дробарка подрібнює породу на шматки середнього розміру;

– вторинне подрібнення – подрібнений бут за допомогою стрічкового транспортера надходить в дробарку вторинного подрібнення, де гірська маса подрібнюється на шматки дрібнішого розміру;

– сортування подрібненої маси – подрібнена маса надходить на грохот, де сортується на товарні фракції. За допомогою виносних стрічкових транспортерів всі фракції щебеню складуються по-окремо.

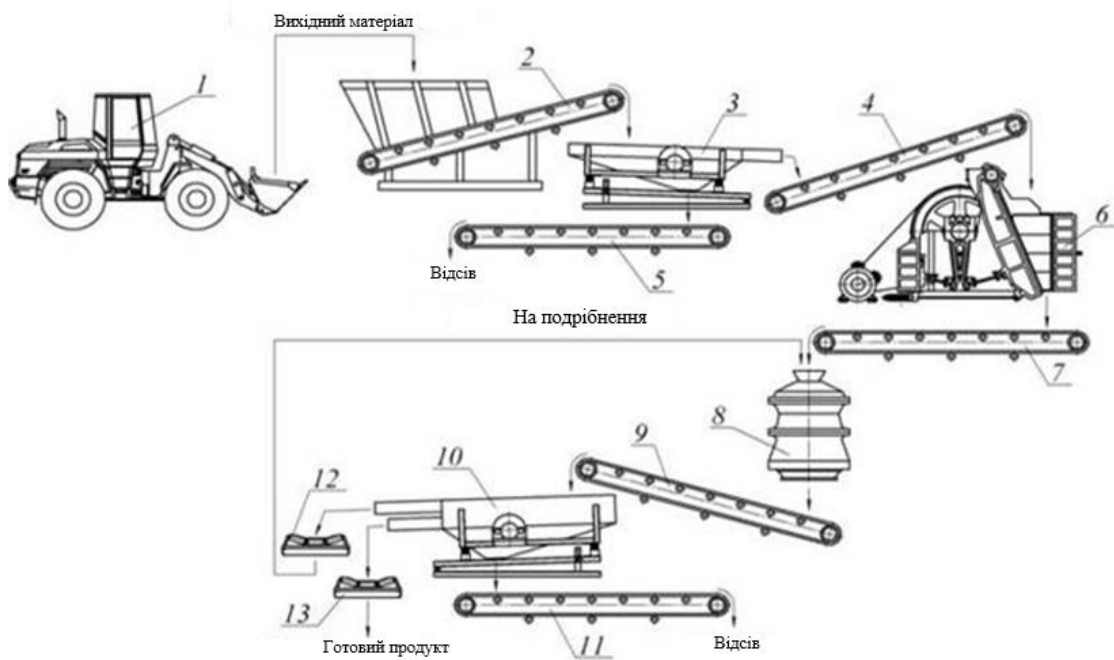


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва щебеню: 1 – фронтальний навантажувач; 2 – живильник ящиковий; 3, 10 – грохоти; 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13 – конвеєри стрічкові; 6 – дробарка щокова; 8 – дробарка конусна

Велике різноманіття сировини, що використовується для одержання щебеню, зумовлює застосування різних технологічних схем його переробки [34-42]. Для полегшення вибору технології виробництва щебеню з різних гірських порід їх умовно розділяють на три види [34-36]: тверді абразивні породи, міцні однорідні малоабразивні породи, породи середньої міцності малоабразивні.

Технологічні схеми щебеневих заводів розрізняють за призначенням в залежності від трьох типів гірських порід, наведених вище, а також за принципом їх будови, стадійністю подрібнення, поточністю, структурою, видами основної та побічної продукції. Принцип побудови схем залежить від застосування операцій грохочення при подрібненні різноманітних скельних порід, тобто визначає об'єми подрібнюваного матеріалу і його крупність, що важливо при визначенні оптимальних параметрів технологічних взаємозв'язків процесів видобутку і переробки сировини і вимагає в кожному конкретному випадку проведення техніко-економічного аналізу [37].

Технологічні схеми, побудовані за принципом «не подрібнювати нічого зайвого», передбачають найменше відношення об'єму матеріалу, що проходить через всі дробарки (без врахування циркуляційного навантаження), до об'єму вихідної гірської маси, що надходить на переробку. Це досягається попереднім грохоченням перед подрібненням для відділення дрібних фракцій, що ускладнюють роботу дробарок.

Технологічна схема з використанням принципу «не транспортувати окремо нічого зайвого» характеризується найбільшим вказаним відношенням, що дорівнює 1, і передбачає надходження матеріалу на подрібнення з однієї дробарки в іншу без застосування грохочення. Це можливо при використанні достатньо чистих вивержених і метаморфічних порід, що містять невелику кількість (до 20%) зерен, розмір яких менше ширини розвантажувальної щілини дробарки. Такі зерна проходять через дробарку не подрібнюючись, і лише не суттєво знижують її продуктивність. Зменшення, згідно цієї схеми, кількості обладнання для сортування і внутрішньоцехового транспорту (стрічкових конвеєрів для роздільного транспортування дріб'язку) дозволяє знизити капітальні і експлуатаційні витрати, підвищити надійність виробництва.

При технологічній схемі дробарно-сортувального заводу для гірських порід першого типу гірську породу піддають трьохстадійному подрібненню (рис. 1.2): на першій стадії – в щоккових і конусних дробарках великого

подрібнення, на другій – у конусних дробарках середнього подрібнення (нормальноконусних) і на третій – у конусних дробарках дрібного подрібнення (короткоконусних). Така схема подрібнення і тип дробарок забезпечують належне здрібнювання твердих порід і при необхідності випуск щебеню крупністю до 40 мм [34, 38].

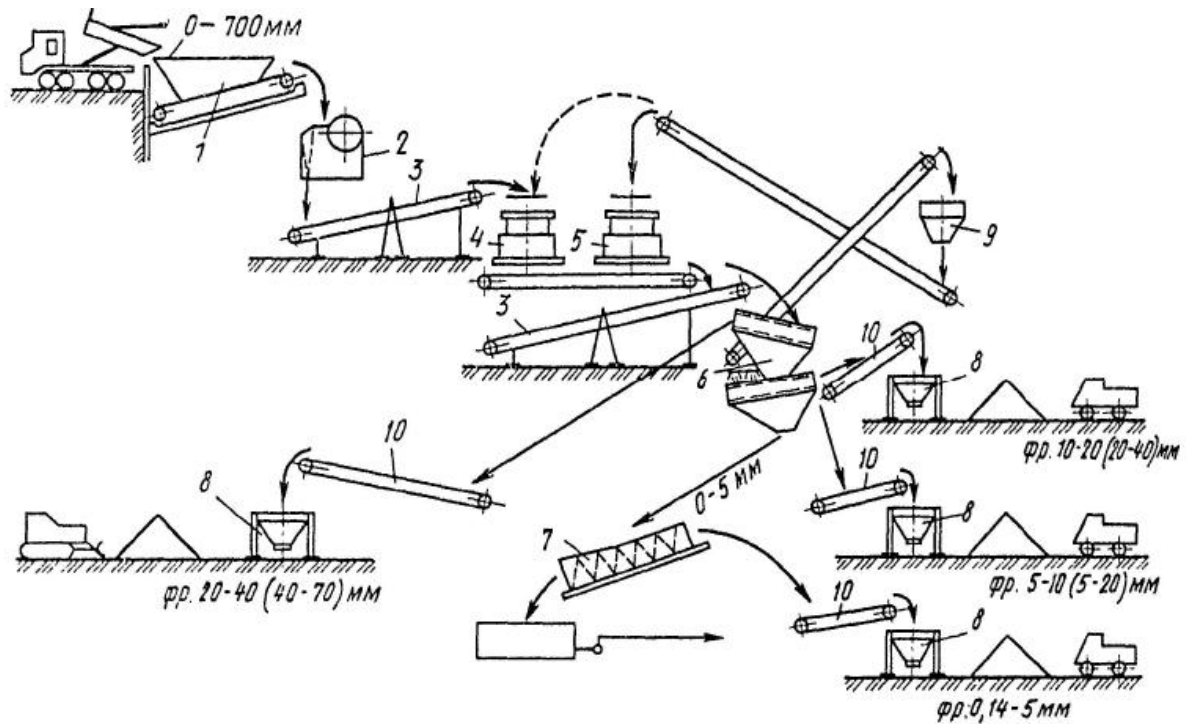


Рисунок 1.2 – Схема ланцюга апаратів збірно-розбірної автоматизованої дробарної лінії по переробці скельних порід: 1 – бункер-підживлювач; 2 – дробарка крупного подрібнення; 3 – стрічкові конвеєри; 4, 5 – дробарки середнього і дрібного подрібнення; 6 – сортувальники; 7 – промивочний агрегат; 8, 9 – бункерні склади; 10 – конвеєр-укладальник

При установці на першій стадії дробарок великих типорозмірів, що не сполучаються по приймальному шматку з наступними дробарками, матеріал після первинного подрібнення направляють на додаткове подрібнення в спеціальні редуційні дробарки [34-36].

Перед кожною стадією подрібнення передбачено попереднє просіювання суміші для запобігання забивання дробарок дріб'язком. Перед першою стадією подрібнення просіювання здійснюють на колосникових

інерційних чи нерухомих грохотах; на другій – на вібраційних грохотах важкого типу, а при великих потоках матеріалу – на інерційних колосникових грохотах, і перед третьою стадією – на вібраційних грохотах.

Після подрібнення щебінь сортують на великі і дрібні фракції 20-70(40) і 0-20 мм і виділяють висівки подрібнення крупністю 0-3(5) мм. Роздільне сортування великої і дрібної фракцій поліпшує якість продукції і компонування устаткування за рахунок зменшення числа каскадів грохотів. У процесі сортування весь щебінь (чи лише його дрібні фракції) промивають на вібраційних грохотах. Великий щебінь промивають рідко, а частіше обмежуються його чищенням на тих же грохотах. Промитий щебінь обезводнюють на грохотах і подають на склад для зберігання за фракціями. Типова схема переробки гірської маси на щебінь із застосуванням сучасного дробарного устаткування зображена на рис. 1.3 [35].

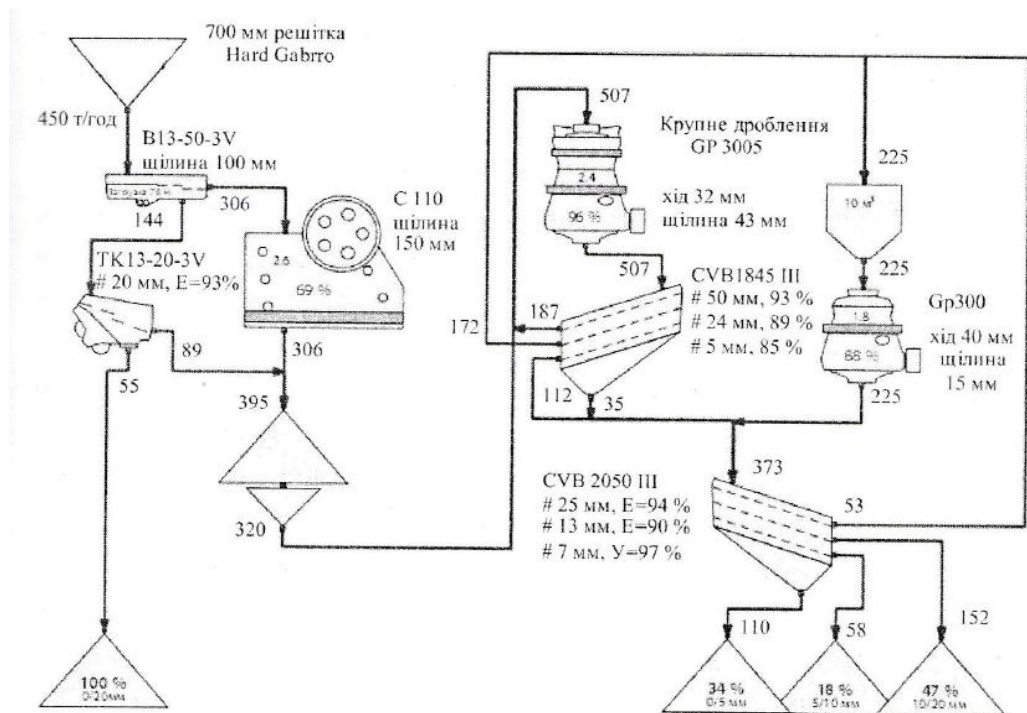


Рисунок 1.3 – Технологічна схема переробки щебеню

Для переробки міцних однорідних малоабразивних порід (другого типу) більш раціональна й економічна технологічна схема з застосуванням дробарок ударної дії. Останні дозволяють одержувати щебінь кубічної форми

з осадових порід, що дають при подрібненні в інших дробарках лещадь, а також скоротити число стадій подрібнення до двох. Недоліком їх є збільшення виходу після подрібнення висівок крупністю 0-3(5) мм. Для випуску якісної готової продукції цією схемою передбачають: видалення перед подрібненням з вихідної гірської породи кар'єрного дріб'язку більшої крупності – 0-20 і 0-40 мм; поділ матеріалу після подрібнення на два продукти – великий 20-70(40) мм і дрібний 0-20 мм; роздільне промивання їх у коритних мийках; сортування на товарні фракції в промитому вигляді з додатковим ополіскуванням [37].

Характерним для технологічної схеми переробки гірських порід третього типу, із вмістом слабких порід до 20%, є поділ при попередньому просіюванні вихідної гірської породи перед подрібненням на два потоки: «брудний» мул» або «слабкий» потік – підрешітковий продукт крупністю 0-200(150) мм і «чистий» чи «міцний» продукт крупністю більше 200(150) мм, що надходить в дробарку первинного подрібнення. При необхідності одержання щебеню різних марок за міцністю ці продукти переробляються окремо, а при одержанні щебеню однієї марки їх поєднують перед третьою стадією подрібнення [34-36].

Відсутність чи наявність проміжних ємностей при переміщенні проміжних продуктів між стадіями подрібнення характеризує поточність схеми: за відсутності – схема називається неперервною (поточною), за їх наявності між усіма стадіями подрібнення – перервною (циклічною). Система з'єднань технологічних ліній і наявність потоків для виділення порід різної міцності характеризують структуру технологічної схеми. Згідно класифікації Шлаіна І.Б. розрізняють одно-, дво- і трипоточні схеми. Застосовуються також комбіновані схеми, коли в різних їх елементах матеріал переробляють в одному чи декількох потоках [37].

Важливе місце в технологічній схемі виробництва щебеню займає процес транспортування. Транспортування гірської маси є найбільш дорогим, трудо-, енерго- та матеріаломістким процесом. Відмінності у використанні

тих чи інших видів транспорту при різних технологічних схемах пов'язані не лише з різноманітністю гірничо-технічних умов, але і з консерватизмом адміністративних структур і проектних організацій. Зазвичай головними аргументами на користь автоперевезень називають надійність технології, оскільки вибуття лише декількох автомашин не викликає зупинки виробництва і, окрім того, є можливість оперативного регулювання якості сировини. Однак багаточисельні дані про альтернативні технології здавалось би доводили необхідність зміни позицій (рис. 1.4) [43-51].

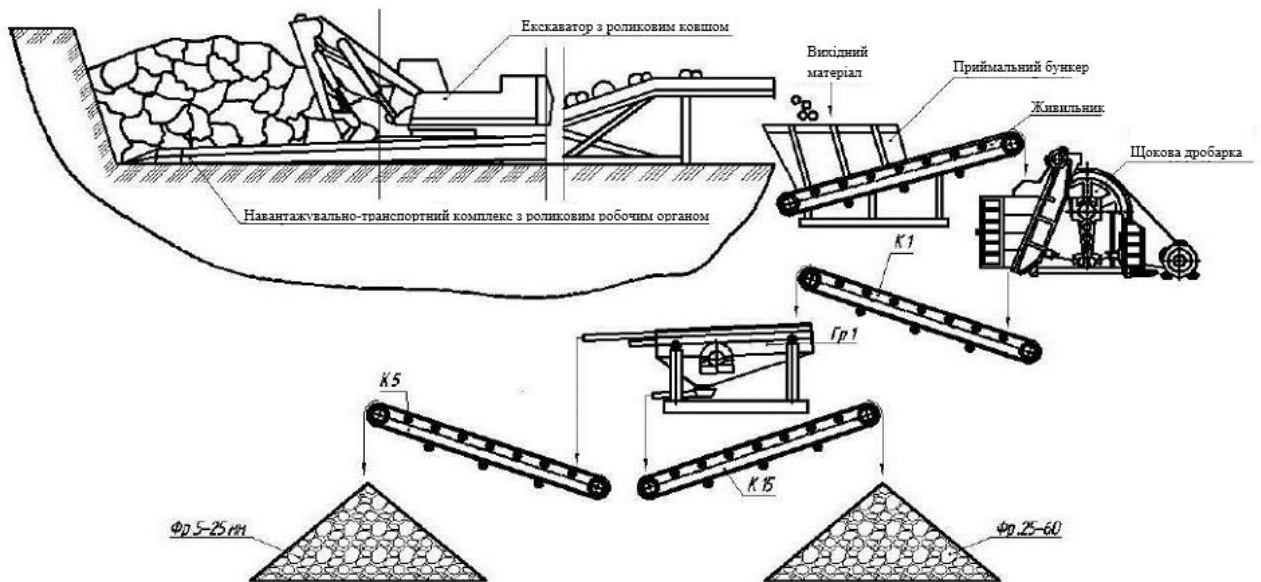


Рисунок 1.4 – Схема навантажувально-транспортного комплексу [44]

Заміна одного виду транспортного обладнання іншим, яке в більшій мірі відповідає умовам конкретного кар'єра, забезпечує покращення техніко-економічних показників. Слід, однак, враховувати, що при використанні різних транспортних машин висуваються вимоги, які не співпадають з характеристиками гірської маси. У ряді випадків виникає необхідність вводити додатковий процес – підготовку гірської маси до транспортування (табл. 1.2) [43].

Загальна технологія виробництва щебеню включає видобуток сировини, зазвичай із застосуванням буропідливних робіт в кар'єрі,

транспортування від кар'єру до бункерів дробарно-сортувальних заводів, подрібнення, декілька стадій грохочення і, при необхідності, видалення надмірної кількості пилоподібних і глинистих частинок, промивку на грохотах або в спеціальних апаратах, зневоднення і складування [52].

Таблиця 1.2 – Підготовка гірської маси до транспортування

Транспортний засіб	Об'єкт (причина) усунення	Спосіб усунення негативного прояву
Самоскид, локомотивосклад, одноковшовий навантажувач	Негабаритні включення	Сортування гірської маси в забої
	Налипання	Підсушка в штабелі
	Висока вологість	Зневоднення в штабелі
Відділення надлишкової води в бункері		
Стрічковий конвеєр	Негабаритні включення	Відділення на грохоті бункера-живильника, грохотильного агрегата, перенавантажувального пункту, руйнування в дробарній установці
		Зневоднення в штабелі
	Висока вологість	Відділення надлишкової води в бункері-живильнику
Канатна дорога	Негабаритні включення	Сортування гірської маси в забої
		Відділення на грохоті грохотильного агрегата, перенавантажувального пункту, руйнування в дробарній установці
	Налипання	Підсушка в штабелі
Напірний гідротранспорт	Негабаритні валуни	Виділення із потоку
		Руйнування у всмоктуючій лінії

Результати досліджень з питань проведення буропідривних робіт показують, що розроблена значна кількість методів, способів та методик проведення буропідривних робіт, впроваджуються конструкції зарядів, які підвищують ефективність використання енергії вибуху, нові вибухові речовини, засоби ініціювання зарядів. Однак, такі шляхи удосконалення технології буропідривних робіт базуються і прив'язані до можливостей застарілого дробарного обладнання, до звичних схем транспортування

гірської маси, не враховують, в основному, вплив на навколишнє середовище і не дають високих техніко-економічних результатів, яких вимагає сучасний ринок щебеню.

Зазвичай функції кар'єрного транспорту зводять до переміщення породи від місця видобутку з надр до пункту розвантаження. Однак, в міру погіршення гірничо-геологічних умов на процес транспортування корисних копалин необхідно покладати функції формування якості сировини. Задачі забезпечення постачання сировини заданої якості і зниження навантаження на навколишнє середовище вирішуються попутно або взагалі не розглядаються.

1.3 Аналіз сучасних технологічних комплексів для виробництва щебеню

Підвищений попит на високоякісний щебінь, пов'язаний з виконанням державних програм будівництва доріг та доступного житла, стимулював значну кількість підприємств до випуску такого продукту. Для підтримки конкурентоспроможності своєї продукції і відповідності її вимогам ринку підприємства змушені модернізувати виробництво шляхом реконструкції діючих і будівництва нових технологічних ліній із застосуванням сучасного дробарного обладнання [53].

Результати досліджень за даним напрямком показують, що на сьогоднішній день виробниками та вченими-дослідниками пропонується безліч типів механізмів та устаткування, заснованих на перетворенні різних видів енергії (від гравітаційної до енергії хімічних процесів) в механічну [53-65].

Для подрібнення гірської маси, утвореної після буропідривних робіт, на підприємствах гірничої промисловості великого поширення набуло дробарне обладнання двох типів:

- дробарки, що працюють за принципом стиснення, тобто здавлюють матеріал поки він не зруйнується;
- ударні дробарки, які використовують принцип удару для руйнування матеріалу [54].

Розрізняють шість основних класів дробарок: щокові, конусні, валкові, барабанні, молоткові і роторні.

Щокові дробарки (СМД-108, СМД-110, СМД-60А, СМ-888) встановлюють переважно на гірничо-збагачувальних фабриках невеликої продуктивності при крупному (1500-350 мм) і середньому (350-100 мм) подрібненні порід високої та середньої міцності. Щокова дробарка складається зі станини, частиною якої є нерухома щока вала з підвішеною пересувною щокою, приводного механізму і пристрою для регулювання. Рухома щока шарнірно підвішується до вала і, по чергово повертаючись навколо своєї осі на невеликий кут, то наближається, то віддаляється відносно нерухомої щоки. При зближенні щок шматки матеріалу, що подрібнюються, руйнуються [64]. Розрізняють два типи щокових дробарок: з одиночною розпірною плитою та з подвійною розпірною плитою (рис 1.5).

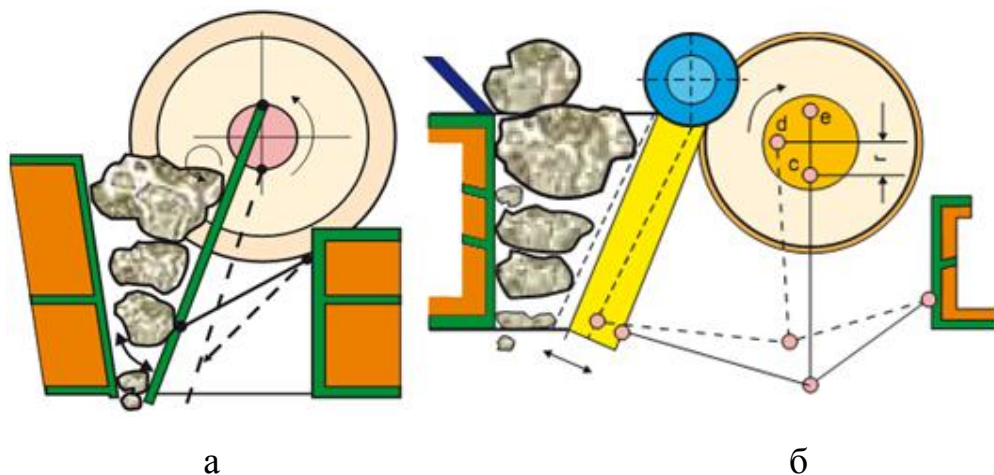


Рисунок 1.5 – Щокові дробарки: а) з одиночною розпірною плитою; б) з подвійною розпірною плитою

Для крупного подрібнення використовують вібраційні щоківі дробарки. Принцип дії вібраційних щоківих дробарок полягає у подрібненні матеріалу між двома рухомими щоками, що підвішені до корпусу на торсіонах. Щоки дробарки виконують протифазні синхронні коливання під дією віброзбудників, які одночасно викликають вертикальні коливання машини на пружних елементах [54].

На збагачувальних фабриках великої продуктивності встановлюють конусні дробарки (КСД 900Гр, Metso Superior МК-II 60-89, Sandvik CG880). Їх використовують для подрібнення руд чорних і кольорових металів, а також неметалічних матеріалів, включаючи особливо тверді, абразивні і ті, що важко піддаються подрібненню [64]. Принцип їх роботи полягає у тому, що шматки гірської маси руйнуються в камері подрібнення між зовнішнім фіксованим елементом (футеровкою чаші) і внутрішнім елементом, що обертається (футеровкою рухомого конуса).

Конусні дробарки (рис. 1.6) за своїм призначенням поділяються на дробарки крупного, середнього і дрібного подрібнення. Вони відрізняються конфігурацією камер подрібнення. Конусні дробарки крупного подрібнення можуть приймати грудки розміром до 1200 мм і мають продуктивність до 2600 м³/год [65].

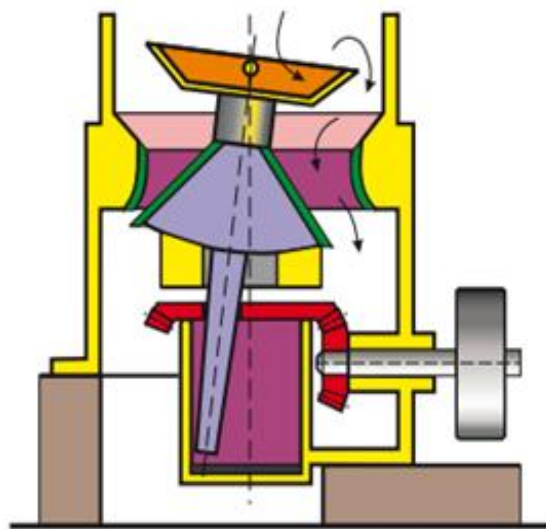


Рисунок 1.6 – Схема подрібнення в конусній дробарці

На сьогодні ексцентрикові конусні дробарки замінюються конусними інерційними дробарками (КІД-300, 450, 900, 2200). Конусні інерційні дробарки можуть працювати з повністю завантаженою робочою камерою, у так званому режимі «під завалом». Саме таке подрібнення дозволяє виконувати внутрішньосферне руйнування шматків безпосередньо між собою. Інерційна конусна дробарка відрізняється від звичайних застосуванням у якості привода конуса вібратора дебалансного типу. Використання таких дробарок значно спрощує схеми подрібнення, оскільки вони забезпечують високий ступінь подрібнення і можуть працювати як у відкритому, так і в замкненому циклі. Крім того, ці дробарки забезпечують нижчі питомі витрати електроенергії і характеризуються вибірковістю подрібнення [54].

Молоткові і роторні дробарки належать до дробарок ударної дії (рис. 1.7). Вони призначені для переробки неабразивних порід низької і середньої міцності і там, де вихід дрібних фракцій не є проблемою [54].

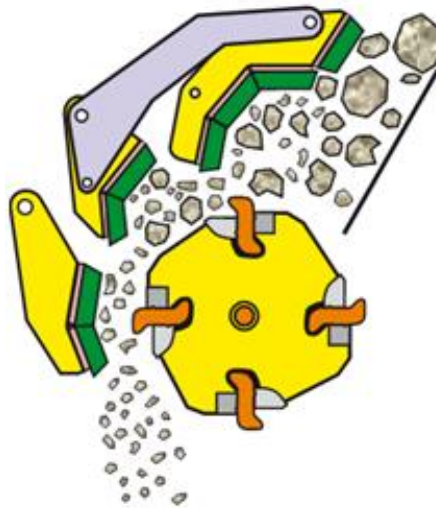


Рисунок 1.7 – Дробарка ударної дії

Гіраційні дробарки (рис. 1.8) використовують для попереднього подрібнення на початкових стадіях, якщо матеріал має розміри, допустимі для отвору живлення дробарок. Вони забезпечують більшу продуктивність ніж щоківі завдяки великим розмірам круглого розвантажувального отвору.

Така форма отвору забезпечує набагато більший переріз ніж отвір шокової дробарки та безперервний принцип дії, в той час як зворотно-поступальний рух щоків дробарок забезпечує лише порційне подрібнення. Гіраційна дробарка не має конкурентів на великих переробних заводах і фабриках з продуктивністю більше ніж 1200 т/год. Її недоліком є необхідність масивних фундаментів [54].

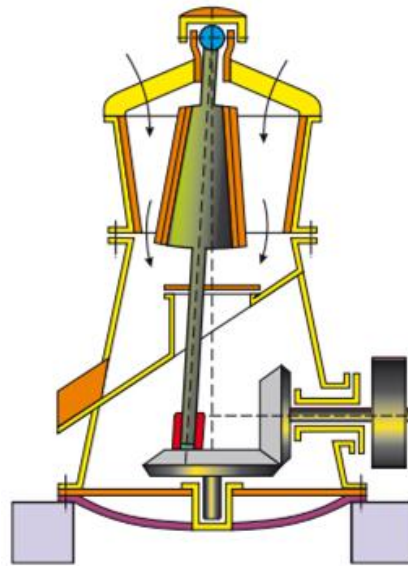


Рисунок 1.8 – Схема гіраційної конусної дробарки

Аналіз дробарного обладнання показав, що найбільшого поширення на підприємствах гірничовидобувної промисловості України набули щоківі та конусні дробарки. Серед щоківих дробарок найбільш ефективними є вібраційні, оскільки для руйнування матеріалу необхідні менші зусилля ніж у звичайних щоківих дробарках, висока частота ударів щік забезпечує вищу ступінь подрібнення і за рахунок направленої вібраційного впливу рухомих щік на матеріал забезпечується підвищена продуктивність.

Конусні дробарки завдяки своїй конструкції є більш дорогими ніж щоківі та дробарки ударної дії, однак при правильному їх використанні експлуатаційні витрати є меншими. Найбільш інноваційними серед них є крутоконусні дробарки інерційної дії. До основних їх переваг належить високий ступінь подрібнення (у 1,5...2,0 рази вищий ніж у відомих конусних

дробарок), можливість дистанційного налаштування на задану крупність продукту подрібнення у відповідності до вимог споживачів та забезпечення роботи «під завалом» без наявності спеціальних дозуючих пристроїв.

На сьогоднішній день на підприємствах гірничовидобувної промисловості світу все більшого застосування набувають гіраційні дробарки. Вони забезпечують більшу продуктивність ніж щоківі на стадії первинного подрібнення. Гідравлічна система регулювання дозволяє змінювати ширину щілини розвантаження, а отже і крупність вихідного матеріалу. Введення дробарки такого типу у технологічний комплекс виробництва щебеню дало б змогу уникнути вторинного дроблення, розширити мережу свердловин, зменшити вихід переподрібнених фракцій, при цьому отримати щебінь необхідної фракції.

Важливе місце у технологічній схемі виробництва щебеню займає процес транспортування гірської маси до подрібнювально-сортувального цеху. На кар'єрах України, в основному, застосовують автомобільний транспорт, проте проблеми пов'язані з ним потребують його заміни.

Збільшення глибини кар'єрів призводить до значного збільшення відстані транспортування, внаслідок чого зростають витрати на переміщення кар'єрних вантажів. Існуюча автомобільна транспортна система на родовищах скельних порід є цілком прийнятною, однак собівартість транспортування достатньо висока через витрати на заробітну плату, паливно-мастильні матеріали, шини і ремонт автомобілів [66].

На кар'єрах України з виробництва щебеню з метою транспортування підірваної гірської маси з території кар'єру на дробарно-сортувальні заводи використовуються автосамоскиди типу КрАЗ-256Б, КрАЗ-65055-040, БелАЗ-75600, БелАЗ-75570, БелАЗ-7560 і японські автосамоскиди КАМАТСУ вантажопідйомністю до 180 тон, які обладнані дизель-електричними двигунами з приводом типу «мотор-колесо». Сучасні моделі БелАЗів використовують аналогічний тип двигунів, проте на сьогодні проходять лише

промислову апробацію і поки не знайшли широкого застосування на кар'єрах.

Головною альтернативою автомобільному транспорту можна вважати конвеєрний транспорт. Найпоширенішим його видом для транспортування гірської маси з робочої зони кар'єру є крутопохилі стрічкові конвеєри (рис. 1.9-1.10). На сьогодні в світі застосовуються наступні їх типи: з рифленою стрічкою, з відкритою підвісною стрічкою, з закритою підвісною стрічкою, з рухомими роликоопорами, з нерухомими роликоопорами, з перегородками, елеваторного типу (з ковшами), трубчасті, з притискною стрічкою. Крутопохилі конвеєри виробляються такими фірмами як: ContiTechTransportbandsysteme GmbH (Німеччина), Depreux (Франція), компанія «Конвейер-груп» (Росія), Dunlop-Enerka (Голландія), METSO Minerals, ЗАТ «НКМЗ» і ВАТ «Азовмаш» (Україна) [67]. Області застосування дозволяють розділити крутопохилі конвеєри за кутом їх нахилу на конвеєри з великим кутом нахилу і середнім.

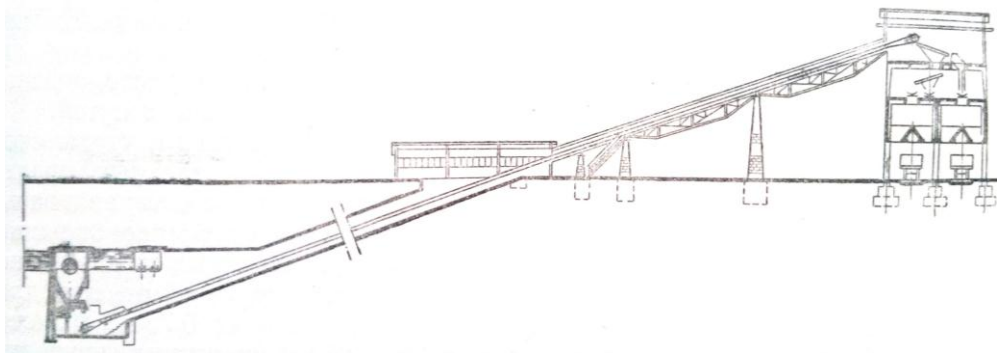


Рисунок 1.9 – Крутопохилий стрічковий конвеєр

Окрім автомобільного та конвеєрного транспорту можливе застосування залізничного транспорту. Залізничний транспорт економічний, головним чином, на кар'єрах середньої та великої виробничої потужності, глибиною до 400-500 м при відстанях переміщення від кар'єра більше 2-3 км практично всіх видів порід. Однак при застосуванні залізничного транспорту висувуються більші вимоги до плану і профілю шляху. На його



Рисунок 1.10 – Класифікація крутопохилих конвеєрів

використання необхідні велика довжина фронту робіт на уступах (щонайменше 400-500 м), криві великого радіуса (щонайменше 120-150 м для широкої колії), невеликі підйоми та схили шляхів. Різко зростають довжина та обсяги похилих траншей, загальний обсяг гірничих робіт і термін будівництва кар'єра; великі капітальні видатки на транспорт; ускладнюється доступ до вибоїв, організація руху; знижується маневреність транспортних засобів, трудомісткі процеси переміщення шляхів. Складними є технологія і механізація відвальних робіт [68].

Автомобільний транспорт застосовують, в основному, на кар'єрах малої і середньої виробничої потужності, або в більших переважно разом з іншим транспортом. Перевагами автотранспорту є: автономність енергоджерела; гнучкість, маневреність і взаємна незалежність роботи автосамоскидів, що спрощує схеми руху; невисока вимогливість до плану і профілю автошляхів, що скорочує відстані перевезень в 2-3 рази на відміну від залізничного транспорту; менші обсяги похилих траншей і гірничо-будівельних робіт. Відсутність рейкових колій та контактної мережі спрощує організацію робіт. Витрати на відвальні роботи істотно зменшуються. Основними недоліками є: економічна ефективність лише при невеликих відстанях перевезень (до 2-5 км); висока інтенсивність руху (до 10-12 тис. рейсів на добу по головних автошляхах); великий парк машин і штат водіїв; порівняно високі витрати на паливо і мастильні матеріали; швидкий знос механічних частин та двигунів при недосконалому покритті шляхів та крутих підйомах; висока вартість вантажних автомашин; жорстка залежність від кліматичних умов і стану автодоріг; зниження продуктивності під час снігопадів, бездоріжжя, дощів, туманів і ожеледиці; загазованість атмосфери кар'єра за високої інтенсивності перевезень.

Конвеєрами можна переміщувати практично всі породи, головним чином, у дрібно-роздробненому стані. Порівняння застосовуваних на кар'єрах видів транспорту представлено в табл. 1.3 [69].

Таблиця 1.3 – Аналіз ефективності застосування можливих видів транспорту

Вид транспорту	Устаткування	Кількість працівників	Потужність двигунів	Маса устаткування	Експлуатаційні витрати
Автомобільний	ЕКГ-5, Т-140, БелАЗ-7525	100	100	100	100
Автомобільно-конвеєрний	ЕКГ-5, Т-140, БелАЗ-7510, КЛМ-800	100	130	113	114
Автомобільно-залізничний із завантаженням думпкарів з естакади	ЕКГ-5, Т-140, ТЕМ-2, ВС-105, рейковий шлях довжиною 5,2 км	127	134	182	142
Те ж із завантаженням екскаватором	Те ж і додатковий екскаватор	145	145	196	156
Конвеєрний	ЕКГ-5, Т-140, живильний бункер, С-153, КЛЗ-250, КЛМ-800	54	59	124	71
Залізничний	ЕКГ-5, Т-140, ТЕМ-3, ВС-105, рейковий шлях довжиною 6,4 км	82	55	97	75

Примітка. Дані таблиці наведено у відсотках до базового варіанту (автомобільний транспорт).

Аналіз кар'єрного транспорту показав, що не існує універсального варіанту. При розробці технології виробництва щебеню необхідно враховувати розміри та параметри родовища, властивості гірської породи, можливості супровідного обладнання, техніко-економічні та екологічні показники після її впровадження.

1.4 Оцінка сучасного стану технологій виробництва щебеню і постановка задач дослідження

Аналіз робіт відомих вітчизняних та зарубіжних учених з даного напрямку [1, 7, 21, 37, 52-53, 55, 61, 63] та аналіз ринкового попиту показав, що потреба у щебені постійно зростає. Результати проведених досліджень з питань удосконалення технології виробництва щебеню дали змогу досягти позитивних результатів. Розроблено сучасні способи підривання гірських масивів, удосконалено конструкції зарядів та системи їх ініціювання,

впроваджено до використання нові вибухові речовини, розроблено високопродуктивне (до 2000 т/год) дробарне устаткування.

Однак, у ряді випадків, відомі наукові, технічні та технологічні розробки в повній мірі не забезпечують отримання високоякісного щебеню, або ж забезпечують, але продукція втрачає свою конкурентоспроможність.

Варто відзначити, що:

- технологічні комплекси для виробництва щебеню не забезпечені сучасним дробарним та транспортним устаткуванням;
- обґрунтування розмірів мережі свердловин здійснюється на основі емпіричних формул з метою мінімізації негабаритної фракції без прив'язки до можливостей сучасного дробарного обладнання, що спричинює значний вихід переподрібної фракції і перевитрату вибухової речовини;
- в процесі транспортування гірської маси на гранітних кар'єрах продуктивністю більше 1,5 млн. т/рік задіяно більше десяти одиниць автомобільного транспорту, що зумовлює витрати, які можна було б мінімізувати при застосуванні конвеєрного транспорту;
- вибір типу вибухової речовини здійснюється без врахування гірничо-геологічних умов і не прив'язаний до подальших технологічних процесів.

Виходячи з проведеного аналізу наукових та практичних досягнень з даного напрямку і виявлених при цьому недоліків, сформульовані наведені вище мета та основні задачі досліджень. Результати представленого вище аналізу опубліковані у роботі [70].

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗТАШУВАННЯ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ З МЕТОЮ ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ

2.1 Характеристика умов проведення експерименту

На ПАТ «Малинський каменедробильний завод», який займається розробкою Пинязевицького родовища граніту, пропонується впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню з застосуванням сучасного дробарного обладнання в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром. В результаті чого розмір шматка, який приймається за негабарит, можна збільшити до розміру, який задовільнить розмір отвору сучасної дробарки первинного подрібнення. Проведено експериментальні дослідження з підривання гранітних уступів при різних розмірах мережі свердловин з метою визначення виходу негабариту при збереженні інших параметрів згідно існуючого паспорту буропідривних робіт [71].

Пинязевицьке родовище граніту, яке розташоване в межах Коростенського масиву гранітів, являє собою ряд куполоподібних піднять різних розмірів з неглибокими сідловинами між ними, заповненими третинними і четвертинними покладами. Виходи кристалічних порід виявлені на різних ділянках родовища. Граніти характеризуються тріщинуватістю з відстанями між тріщинами від 0,5 до 3,0 м. В геологічній будові родовища беруть участь протерозойські кристалічні породи і продукти їхнього руйнування: дресва, палеогенові і четвертинні відкладення. Кристалічні породи представлені рапакоподібними середньо- і грубозернистими гранітами сірого і сіро-зеленого кольору з включеннями габро і лабрадориту в кар'єрі. З поверхні граніти вивітрені, місцями

зруйновані до стану дресви. Товща зони вивітрених гранітів коливається від 0,1 до 16,6 м і в середньому складає 2,3 м [72].

Розвідана ділянка родовища в гідравлічному відношенні характеризується наявністю двох водоносних горизонтів: перший пов'язаний з флювіогляційним піском і дресвою кристалічних порід, другий – з тріщинами кристалічних порід.

Товща першого водоносного горизонту змінюється від 0,7 до 11,0 м і в середньому сягає 5,2 м. Коефіцієнт інфільтрації для першого горизонту складає 2,95 м³/добу [71, 72]. Поверхня дзеркала ґрунтових вод аналогічна рельєфу земної поверхні. Рапакоподібний граніт поділяється на три види: вивітрений, частково вивітрений та такий, що не зазнав вивітріння. Свіжий граніт, як і частково вивітрений, розбитий тріщинами на плитоподібну, частіше невизначену форму.

Для встановлення закономірностей дроблення гірських порід під дією вибуху при різних параметрах розташування свердловинних зарядів обрано досліджувану ділянку – уступ-5, блок №32, що має тріщинувату та крупноблочну структуру масиву та складається з рапакоподібного середньо- та крупнозернистого граніту сірого, зеленувато-сірого кольору з рідко розташованими вкрапленнями кольорових матеріалів (біотити, рогова обманка, амфіболи) та має наступні властивості [71, 72]:

- межа міцності становить – 1400 кгс/см²;
- морозостійкість – МРЗ-300;
- об'ємна вага граніту – 2,79 т/м³;
- середній коефіцієнт розрихлення – 1,5;
- швидкість повздовжніх хвиль – 5,7 км/с;
- швидкість поперечних хвиль – 3,3 км/с;
- відстань між тріщинами в масиві – 0,5-3,0 м;
- механічна міцність в сухому стані – 1181-2463 кг/см²;
- механічна міцність в водонаповненому стані – 986-2125 кг/см²;
- коефіцієнт розмокання – 0,86-1,00 кг/см²;

- водопоглинання – 0,02-0,47%;
- пористість – 0,10-2,7%.

На кар'єрі ПАТ «Малинський каменедробильний завод», що розробляє Пинязевицьке родовище гранітів з коефіцієнтом міцності $f=10-12$ за шкалою проф. Протодьяконова М.М., проведено експериментальні дослідження, що полягають у підриванні 30 свердловинних зарядів для кожної мережі свердловин і подальшим заміром відсоткового виходу негабариту. За негабарит приймалися шматки граніту з максимальним розміром ребра більше ніж 1,3 м. Такий розмір шматка може прийняти сучасне дробарне устаткування. Буріння здійснювалось буровими станками Atlas Copco. Експеримент проводився з параметрами розташування свердловинних зарядів наведеними в табл. 2.1. В якості вибухової речовини використовувався «Гранеміт марки И-30-У», а для монтажу вибухової мережі застосовувався детонуючий шнур типу ДНІ з бойками із тротилівих шашок Т-400Г, ТГФА-500Г, ГФА-500Г [71].

Таблиця 2.1 – Параметри розташування свердловинних зарядів

№	Діаметр свердловини, м	Відстань між свердловинами в ряду, м	Відстань між рядами свердловин, м
1	0,122	3,6	3,6
2	0,122	3,8	3,8
3	0,122	4	4
4	0,122	4,2	4,2
5	0,122	4,4	4,4
6	0,122	4,6	4,6
7	0,122	4,8	4,8
8	0,122	5	5
9	0,122	5,2	5,2
10	0,122	5,4	5,4
11	0,122	5,6	5,6
12	0,122	5,8	5,8
13	0,122	6	6

Ініціювання магістралі із ДНІ проводилось електродетонаторами згідно з прийнятою схемою короткосповільненого підривання. Також передбачалося застосування неелектричних систем ініціювання типу «Імпульс», «Пріма Ера» та аналогічних систем, допущених Держгірпромнаглядом України до застосування на кар'єрах у встановленому порядку. Схема розташування та конструкція свердловинних зарядів наведені на рис. 2.1 та рис. 2.2 відповідно, а параметри свердловинних зарядів – в табл. 2.2. Інтервал уповільнення прийнято рівним 20-30 мсек.

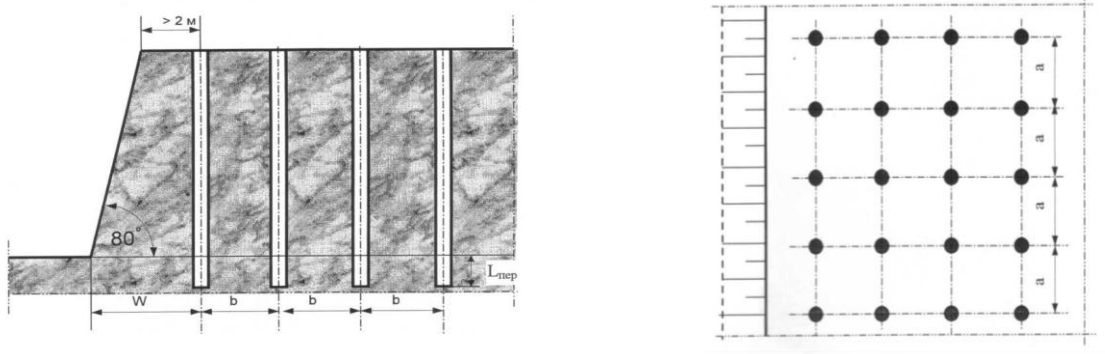


Рисунок 2.1 – Схема розташування свердловин

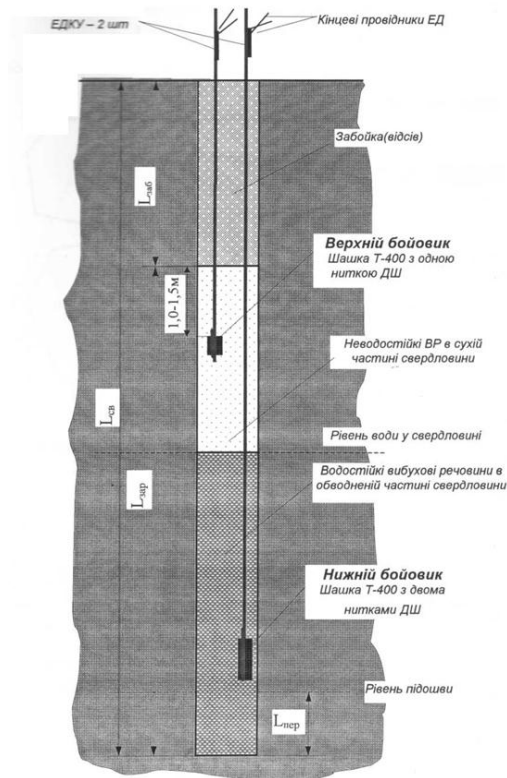


Рисунок 2.2 – Схема конструкції свердловинного заряду

Таблиця 2.2 – Параметри свердловинних зарядів

Висота уступу, м	Глибина свердловини, м	Довжина перебуру, м	Довжина заряду в свердловині, м	Довжина забійки в свердловині, м
15	16,2	1,2	13,9	2,3

Дослідження впливу зміни параметрів розташування свердловинних зарядів вимагає проведення оперативного і високоякісного аналізу отриманих результатів. У роботі використана методика одночинникового дисперсійного аналізу, що дозволяє проводити усі кроки статистичного аналізу даних.

2.2 Аналіз методики експериментальних досліджень

Число повторних експериментів, що забезпечують заданий рівень надійності α оцінюваних величин, визначалось за формулою:

$$m \geq \frac{Z_{\alpha}^2}{q_v^2}, \quad (2.1)$$

де Z_{α} – довірчий коефіцієнт, який залежить від обраного рівня надійності (при $\alpha=95\%$ – $Z_{\alpha}=1,96$; при $\alpha=99\%$ – $Z_{\alpha}=2,58$) і визначається за таблицями [73];

q_v – гранично-допустима помилка оцінюваного параметра, виражена в долях.

Враховуючи, що будь-яке значення параметра обчислюється за результатами обмеженого числа експериментів і містить елемент випадковості, то для отримання надійних і достовірних висновків здійснювалась перевірка точності експериментів за критерієм Кохрена, за яким розглядається зміна мережі свердловин, що приймає k різних значень.

Розрахунки проводились при рівній кількості експериментів для кожного значення відстані між свердловинами [73, 74]:

$$Y_{роз} = \frac{s_{\max}^2}{\sum_{i=1}^n s_i^2}, \quad (2.2)$$

де s_{\max}^2 – максимальна дисперсія експериментів;

$$s_i^2 – \text{дисперсії паралельних дослідів } (s_i^2 = \frac{\sum_{k=1}^k (y_{nk} - \bar{y}_n)^2}{k-1}).$$

Розраховане значення критерію ($Y_{роз}$) порівнювалося з його табличним значенням ($Y_{табл}$), узятим для 5-відсоткового рівня значущості. Якщо $Y_{роз} \leq Y_{табл}$, то для прийнятого рівня значущості дисперсії експериментів однорідні, тобто експерименти рівноточні. Перевірка рівноточності експериментів забезпечує високу міру надійності і достовірності отриманих висновків і закономірностей. Для аналізу результатів експериментальних досліджень по оцінці впливу зміни мережі свердловин на вихід негабариту проведено дисперсійний аналіз за наступним алгоритмом [75, 76].

1. Суми за стовпцями:

$$Y_i = \sum_{j=1}^n y_{ij}.$$

2. Сума квадратів усіх дослідів, k – кількість стовпців або дублів кожного досліду:

$$SS_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2.$$

3. Сума квадратів сум за стовпцями, поділена на число дослідів у стовпці n :

$$SS_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2 .$$

4. Квадрат загальної суми, поділений на число всіх дослідів N (корегуючий член):

$$SS_3 = \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2 .$$

5. Сума квадратів для стовпчика:

$$SS_Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2 .$$

6. Загальна сума квадратів, що дорівнює різниці між сумою квадратів всіх дослідів та корегуючим членом:

$$SS_{заг} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{1}{N} \left(\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2 .$$

7. Залишкова сума квадратів для оцінки помилки експерименту:

$$SS_{зал} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \left(\sum_{j=1}^n y_{ij} \right)^2 .$$

8. Дисперсія s_Y^2 :

$$s_Y^2 = \frac{SS_Y}{k-1}.$$

9. Дисперсія $s_{ном}^2$:

$$s_{ном}^2 = \frac{SS_{зал}}{k(n-1)}.$$

Коли співвідношення $s_Y^2/s_{ном}^2 \leq F_{1-p}$, то вплив параметрів розташування свердловинних зарядів на вихід негабариту слід вважати незначним. При цьому загальна дисперсія s^2 пов'язана лише з фактором випадковості і може служити оцінкою для дисперсії відтворення. Така оцінка краща від $s_{ном}^2$, тому що має більше число ступенів свободи.

Коли справедлива нерівність:

$$\begin{aligned} \frac{s_Y^2}{s_{ном}^2} > F_{1-p}(f_1, f_2); \\ f_1 &= k-1; \\ f_2 &= k(n-1) = N-k, \end{aligned}$$

то різниця між дисперсіями s_Y^2 та $s_{ном}^2$ значна і, відповідно, значний вплив розміру мережі свердловин на вихід негабариту.

Перевірка адекватності представлення результату експерименту знайденим рівнянням регресії визначалася за величиною множинного коефіцієнта кореляції, а також шляхом порівняння розрахункових і експериментальних значень.

2.3 Аналіз результатів проведення експериментів

При підриванні гірської маси одним із чинників, що впливає на якість її дроблення, є відстань між свердловинами. Для визначення впливу цього показника на характер дроблення масиву були проведені дослідження, суть яких описана далі.

Обґрунтування раціональних параметрів вибухового відбивання завжди вимагає проведення значної кількості експериментів, вартість яких порівняно велика. Витрати праці і часу при цьому також чималі. Тому виникла необхідність застосування методів і засобів, що дозволяють оптимальним чином організувати експеримент.

З цією метою і було застосовано математичне планування експерименту. Застосування математичного планування експерименту можна звести до визначення впливу відстані між свердловинами на вихід негабариту і знаходження такої відстані, при якій вихід негабариту мінімальний.

Оскільки розглядався вплив одного чинника (мережа свердловин) на досліджуваний параметр (вихід негабариту $N_{\text{негаб}}$), то планування обмежувалось одночинниковим експериментом. Варіювання досліджуваною змінною проводилося на 13-ти рівнях. Результати експериментів представлені в табл. 2.3.

Необхідна кількість паралельних експериментів визначена за формулою (2.1) при 95%-ій ймовірності та величині граничної помилки q_v в оцінці досліджуваного параметра, рівній одиниці:

$$m = \frac{(1,96)^2}{(1)^2} \approx 4. \quad (2.3)$$

Перевірка рівноточності отриманих в ході експерименту результатів за критерієм Кохрена показала, що при 95%-ому рівні надійності $Y_{\text{роз}}=0,131 < Y_{\text{табл}}=0,309$. Це дає змогу стверджувати, що усі результати

проведених експериментів рівноточні.

Таблиця 2.3 – Результати експериментів із визначення виходу негабариту підірваної гірської маси при різних відстанях між свердловинами

Відстань між свердловинами, м	Вихід негабариту, %			
	Експеримент			
	1	2	3	4
3,6	2,13	1,89	2,26	3,08
3,8	2,52	3,57	2,87	2,39
4	2,76	3,58	3,32	4,24
4,2	4,17	3,56	4,81	5,21
4,4	5,47	4,46	6,24	4,63
4,6	4,38	5,06	6,81	6,20
4,8	5,93	6,28	7,23	8,50
5	7,05	6,84	7,89	9,12
5,2	7,62	9,29	11,85	8,92
5,4	10,59	17,46	15,88	12,54
5,6	21,82	15,98	18,19	18,67
5,8	21,48	28,76	23,45	26,36
6	30,50	35,24	28,42	40,54

Аналіз отриманих результатів (табл. 2.4) показав, що сума квадратів, яка характеризує зміну виходу негабариту при зміні мережі свердловин, високозначна ($F_{роз}=8,59 > F_{табл}=2$). Отже, зміна мережі свердловин істотно впливає на вихід негабариту.

Таблиця 2.4 – Результати повного одночинникового дисперсійного аналізу впливу параметрів розташування свердловинних зарядів на вихід негабариту

Джерело мінливості	Число ступенів свободи	Сума квадратів	Середній квадрат
Зміна відстані між свердловинами	12	9642,05	803,50
Залишок	39	3646,81	93,50
Сума	51	5995,23	117,53

Таким чином, залежність виходу негабариту від розмірів мережі свердловин може бути описана поліномом 3-го порядку. Коефіцієнти регресії визначалися методом найменших квадратів за результатами експериментів.

Проведені розрахунки дозволили отримати наступне рівняння:

$$N_{\text{негаб}} = 5,03a^3 - 64,52a^2 + 277,70a - 396,30. \quad (2.4)$$

Отримане рівняння з достатньою точністю описує результати експериментів, про що свідчать як величина коефіцієнта кореляції ($R \approx 0,98$), так і дані, наведені в табл. 2.5, порівняння яких підтверджує високу збіжність результатів.

Таблиця 2.5 – Розрахункові і експериментальні значення величини виходу негабариту

Відстань між свердловинами, м	Значення виходу негабариту, %	
	експериментальні	розрахункові
3,6	2,34	1,92
3,8	2,84	3,30
4	3,47	4,10
4,2	4,44	4,57
4,4	5,20	4,95
4,6	5,61	5,48
4,8	6,99	6,40
5	7,73	7,95
5,2	9,42	10,38
5,4	14,12	13,92
5,6	18,67	18,82
5,8	25,01	25,32
6	33,68	33,66

Аналіз рівняння (2.4) показує, що при підриванні зарядів за різної мережі свердловин, в діапазоні 3,6-6,0 м, вихід негабариту коливається в межах 2-41%. Зі збільшенням мережі свердловин вихід негабариту N збільшується. Залежність виходу негабариту від розмірів мережі свердловин побудована за усередненими експериментальними даними (рис. 2.3) і описується поліномом 3-го порядку.

Проведені дослідження закономірностей вибухового дроблення порід при різних відстанях між свердловинами дозволили отримати об'єктивні і достовірні результати.

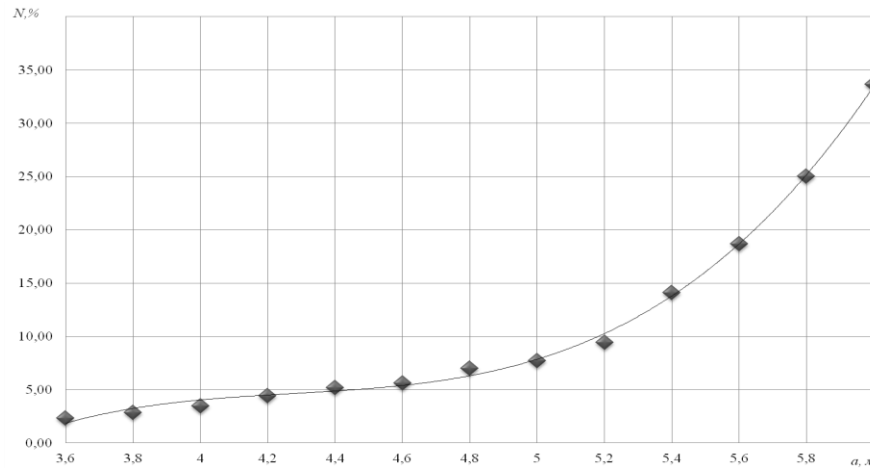


Рисунок 2.3 – Залежність виходу негабариту від відстані між свердловинами

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що для виробничих умов ПАТ «Малинський каменедробильний завод» (вихід негабариту менше 8%) раціональною буде мережа свердловин відстань між свердловинами в якій складає 5 м при збереженні інших попередніх параметрів буропідривних робіт. Це дасть змогу знизити витрати на проведення буропідривних робіт, зменшити кількість використання вибухової речовини, а також знизити величину екологічного податку.

Окрім того, автором розроблено методику прогнозування сейсмостійкості об'єктів, що охороняються, при підриванні групи циліндричних зарядів, яка на основі вихідних параметрів підривних робіт, ґрунтових зусиль та характеристик об'єкта дозволяє розраховувати сейсмічне навантаження на об'єкт і у випадку перевищення допустимих норм скоригувати параметри вибуху [77], а також встановлено закономірності впливу довжини заряду та його віддалення від вільної поверхні на характер зони руйнування середовища вибухом [78].

2.4 Еколого-економічна ефективність застосування запропонованої мережі свердловин

Розмір еколого-економічного ефекту застосування запропонованої мережі свердловин розраховується за формулою [79]

$$E_n = (Y_{np} + \Delta D) - (C + E_n \cdot K), \quad (2.5)$$

де Y_{np} – величина попереднього економічного збитку, грн;

ΔD – річний приріст доходу внаслідок поліпшення виробничих досягнень, грн;

C – експлуатаційні витрати, грн;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K – одноразові капітальні вкладення, грн.

У даному випадку одноразові капітальні вкладення відсутні. Річний приріст доходу досягається за рахунок зниження витрат на проведення буропідривних робіт, в тому числі зменшення кількості використання вибухової речовини, а також зниження величини екологічного податку.

Забруднення навколишнього середовища відбувається через виділення шкідливих газів і пилу з пилогазової хмари і газів з підірваної гірської маси. Основними шкідливими газами під час вибуху промислових вибухових речовин є оксид вуглецю CO і оксиди азоту NO_x . Згідно методики розрахунку шкідливих викидів для комплексу обладнання, що застосовується на відкритих гірничих роботах [80], визначення маси оксиду вуглецю та оксиду азоту, що викидаються з пилогазової хмари та тих, що залишились в підірваній гірській масі, проводять за формулами (2.6) та (2.7) відповідно. Концентрацію шкідливого газу в підірваній гірській масі визначають за (2.8). Розрахунок сумарної маси шкідливих газів в перерахунку на CO , що виділяється при вибуху, проводять за (2.9). Масу твердих частинок розраховують за (2.10), а питому витрату вибухової речовини – за (2.11).

Маса шкідливих газів (оксид вуглецю, оксиди азоту), що викидаються з пилогазової хмари, розраховується за формулою [81]:

$$m_{r1\ xx} = \sum q_{y\ di} \times K \times A \times 10^{-6}, \quad (2.6)$$

де $m_{r1\ CO}$ – маса оксиду вуглецю, що викидається з пилогазової хмари, т;

$m_{r1\ NOx}$ – маса оксиду азоту, що викидається з пилогазової хмари, т;

$q_{y\ di}$ – питомий вміст шкідливих газів в пилогазовій хмарі при вибуху 1 кг вибухової речовини, л/кг;

K – перевідний коефіцієнт, що залежить від типу шкідливого газу (для CO : $K = 1,25$ г/л, для NO_x : $K = 1,4$ г/л);

A – кількість вибухової речовини, що підривається, кг.

Маса шкідливих газів, що залишилась в підірваній гірській масі та поступово виділяється в атмосферу, розраховується за формулою [81, 82]:

$$m_{r2\ xx} = \sum C_{z\ mi\ xx} \times Q_{z\ m} \times 10^{-9}, \quad (2.7)$$

де $m_{r2\ CO}$ – маса оксиду вуглецю, що залишилась в гірській масі, т;

$m_{r2\ NOx}$ – маса оксиду азоту, що залишилась в гірській масі, т;

$C_{z\ mi}$ – концентрація шкідливого газу в підірваній гірській масі, мг/м³;

$Q_{z\ m}$ – об'єм підірваної гірської маси, м³.

$$C_{r\ mi} = q_{r\ mi} \times K \times A \times \frac{10^3}{Q_{r\ m}(K_p - 1)}, \quad (2.8)$$

де $q_{r\ mi}$ – питомий вміст шкідливих газів в відбитій гірській масі (залежно від міцності порід і рецептури вибухових речовин), л/кг;

K_p – коефіцієнт розпушення гірської маси (відношення породи в розпушеному вигляді до її об'єму в масиві).

Розрахунок загальної маси шкідливих газів, що виділяється при вибуху (за умовною CO) [80]:

$$M_{\Sigma} = m_{r1CO} + m_{r2CO} + (m_{r1NOx} + m_{r2NOx}) \times 6,5, \quad (2.9)$$

де 6,5 – перевідний коефіцієнт до CO .

Розрахунок маси твердих частинок, що викидаються з пилогазової хмари за межі кар'єру при проведенні одного вибуху [83]:

$$M_{\Sigma}^{TB} = K \times q_{\text{пит}}^B \times A(1 - \eta), \quad (2.10)$$

де K – безрозмірний коефіцієнт, що враховує гравітаційне осідання твердих частинок (приймається рівним 0,16);

$q_{\text{пит}}^B$ – виділення пилу при вибуху 1 т вибухової речовини, т/т (наведено в табл. 2.6);

η – ефективність засобів пилоподавлення, частка одиниці (пилоподавлення відсутнє, = 0).

Таблиця 2.6 – Питоме виділення твердих часток на 1 т вибухової речовини при підривних роботах

Питома витрата ВР, кг/м ³	Питоме виділення, $q_{\text{пит}}^B$
0,15	0,069
0,20	0,061
0,25	0,058
0,30	0,057
0,35	0,058
0,40	0,060
0,45	0,063
0,50	0,067
0,55	0,072

Для визначення значень $q_{\text{пит}}^B$ попередньо розраховується питома витрата вибухової речовини на 1 м³ підірваної маси за формулою:

$$\Delta = 1000 \times \frac{A}{V_{\text{ГМ}}}. \quad (2.11)$$

де $V_{\text{ГМ}}$ – об'єм підірваної гірської маси, м³.

Для розрахунку валових викидів шкідливих речовин при підірвних роботах на кар'єрі використано показники вибухової речовини «Гранеміт марки И-30-У», яка застосовується на даному підприємстві. Згідно технічних характеристик вибухової речовини питомий вміст оксиду вуглецю в пилогазовій хмарі при вибуху 1 кг даної вибухової речовини – 10,56 л/кг, оксиду азоту – 2,56 л/кг [84]. Питомий вміст оксиду вуглецю в відбитій гірській масі становить 4,48 л/кг, оксиду азоту – 1,28 л/кг. Об'єм гірської маси, що підривається в кар'єрі за один вибух складає 49,3 тис. м³. За рахунок впровадження запропонованих заходів мережа свердловин збільшиться з 3,6 м до 5,0 м і кількість свердловин зменшиться, відповідно, з 186 до 96. Параметри свердловин та вибухової речовини наведено в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Параметри свердловин та вибухової речовини

Мережа свердловин, а=b, м	Кількість свердловин	Кількість вибухової речовини в 1 м. п. свердловини, кг/м.п.	Довжина заряду у свердловині, м	Маса заряду в свердловині, кг	Кількість вибухової речовини, кг
3,6	186	9,7	13,9	137,7	25619,6
5,0	96	9,7	13,9	137,7	13223,0

За (2.6) розраховано масу оксиду вуглецю та оксиду азоту, що викидається з пилогазової хмари, для параметрів розташування свердловинних зарядів та кількості вибухової речовини, що розглядаються.

Маса шкідливих газів для мережі 3,6×3,6 м (табл. 2.8):

$$m_{\text{ГІ CO}} = 10,56 \times 1,25 \times 25619,6 \times 10^{-6} = 0,338 \text{ т};$$

$$m_{\text{ГІ NOx}} = 2,56 \times 1,4 \times 25619,6 \times 10^{-6} = 0,092 \text{ т}.$$

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку маси оксиду вуглецю та оксиду азоту, що викидається з пилогазової хмари

Мережа свердловин, a=b, м	Маса CO, т	Маса NO _x , т
3,6	0,338	0,092
5,0	0,175	0,047

Для знаходження маси шкідливих речовин, що залишились в підірваній гірській масі, розраховано концентрацію оксиду вуглецю та оксиду азоту за (2.8). Результати розрахунку наведено в табл. 2.9.

Маса шкідливих газів, що залишились в підірваній гірській масі та поступово виділяються в атмосферу, розраховується за формулою:

$$C_{\text{гмі CO}} = 4,48 \times 1,25 \times 25619,6 \times \frac{10^3}{49300(1,6-1)} = 4850,2 \text{ мг/м}^3;$$

$$m_{r2 \text{ CO}} = 4850,2 \times 49300 \times 10^{-9} = 0,239 \text{ т};$$

$$C_{\text{гмі NOx}} = 1,28 \times 1,4 \times 25619,6 \times \frac{10^3}{49300(1,6-1)} = 1552,1 \text{ мг/м}^3;$$

$$m_{r2 \text{ NOx}} = 1552,1 \times 49300 \times 10^{-9} = 0,077 \text{ т}.$$

Таблиця 2.9 – Маса шкідливих газів, що залишились в підірваній гірській масі та поступово виділяються в атмосферу

Мережа свердловин, a=b, м	Маса CO, т	Маса NO _x , т
3,6	0,239	0,077
5,0	0,123	0,039

Результати розрахунку загальної маси шкідливих газів, що виділиться при вибуху (за умовною CO) (табл. 2.10):

$$M_{\Sigma} = 0,338 + 0,239 + (0,092 + 0,077) \times 6,5 = 1,676 \text{ т}.$$

Таблиця 2.10 – Загальна маса шкідливих газів, що виділяється при вибуху

Мережа свердловин, a=b, м	Маса CO в пилогазовій хмарі, т	Маса CO в підірваній гірській масі, т	Маса NO _x в пилогазовій хмарі, т	Маса NO _x в підірваній гірській масі, т	Маса шкідливих газів за умовною CO, т
3,6	0,338	0,239	0,092	0,077	1,676
5,0	0,175	0,123	0,047	0,039	0,86

За (2.11) розраховано питому витрату вибухової речовини та проведено інтерполяцію, а за (2.10) розраховано масу твердих частинок, що викидаються з пилогазової хмари за межі кар'єру при проведенні одного вибуху (табл. 2.11):

$$\Delta = 1000 \times 25,619 / 49300 = 0,52 \text{ кг/м}^3;$$

$$M_{\text{Е}}^{\text{ГВ}} = 0,16 \times 0,069 \times 25,619(1 - 0) = 0,283 \text{ т.}$$

Таблиця 2.11 – Маса твердих частинок, що викидаються з пилогазової хмари за межі кар'єру при проведенні одного вибуху

Мережа свердловин a=b, м	Питома витрата вибухової речовини, кг/м ³	Маса пилу, т
3,6	0,52	0,283
5,0	0,27	0,123

Ставки екологічного податку становлять за 1 тону шкідливої речовини: пил – 74,17 грн, оксид вуглецю – 74,17 грн. Таким чином величина попереднього економічного збитку становить:

$$Y_{np} = 74,17 (0,283 - 0,123) + 74,17 (1,676 - 0,86) = 72,39 \text{ грн.}$$

Річний прибуток досягається за рахунок зниження витрат на проведення буропідривних робіт, в тому числі зменшення кількості використання вибухової речовини. Середня вартість 1 кг вибухової речовини становить 15 грн, маса вибухової речовини для одного масового вибуху при заданих умовах зменшиться з 25619,6 кг до 13223 кг.

Вартість буріння 1 погонного метру складає близько 100 грн. Глибина однієї свердловини – 16,2 м, отже вартість буріння 1 свердловини становить 1620 грн. Кількість свердловин при застосуванні розширеної мережі відповідно зменшиться з 186 до 96.

Окрім того зменшаться витрати на вторинне дроблення негабаритних фракцій. Вартість вторинного дроблення 1 м³ гірської маси складає орієнтовно 200 грн. Після одного масового вибуху підприємство додроблює 3944 м³, а нова технологічна лінія дозволить скоротити такий об'єм приблизно на 10%. Отже, величина еколого-економічного ефекту після проведення одного масового вибуху за розширеною мережею свердловин становитиме:

$$E_n = 72,39 + 15(25619,6 - 13223) + 1620(186 - 96) + 200(3944 - 3550) = 410\,621 \text{ грн,}$$

а річного – 12 041 277 грн.

Висновки

1. Для визначення раціональних параметрів розташування свердловинних зарядів за умови впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню проведено експериментальні дослідження впливу розмірів мережі свердловинних зарядів на вихід негабариту за допомогою методики одночинникового дисперсійного аналізу.

2. Перевірка рівноточності отриманих в ході експерименту результатів за критерієм Кохрена показала, що при 95%-ому рівні надійності

$Y_{роз}=0,138 < Y_{табл}=0,326$. Це дає змогу стверджувати, що усі результати проведених експериментів рівноточні.

3. Встановлено кореляційні залежності виходу негабариту від параметрів розташування свердловинних зарядів, які забезпечують фракційний склад гірської маси (з максимальним шматком не більше 1300 мм), що відповідає технологічним можливостям високопродуктивного (до 2000 т/год) дробарного обладнання первинного подрібнення.

4. Аналіз отриманих результатів показує, що для виробничих умов ПАТ «Малинський каменедробильний завод» (вихід негабариту менше 8%) раціональною буде мережа свердловин, відстань між свердловинами в якій складає 5 м при збереженні інших попередніх параметрів буропідливних робіт.

5. Обґрунтовано, що впровадження циклічно-поточної технології, яка передбачає розміщення дробарного устаткування в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром уже на стадії буропідливних робіт дозволить отримати прибуток в розмірі 12 041 277 грн. Це можливо за рахунок зниження витрат на проведення буропідливних робіт, в тому числі зменшення кількості використання вибухової речовини, зниження витрат на вторинне дроблення негабариту, а також зменшення величини екологічного податку.

6. Результати досліджень опубліковано в роботі [85].

РОЗДІЛ 3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОГО ПОДРІБНЕННЯ ГІРСЬКОЇ МАСИ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ

3.1 Обґрунтування раціонального типу дробарного обладнання для розробки циклічно-поточної технології виробництва щебеню

Основне обладнання, яке на сьогодні використовується для первинного подрібнення гірської маси з метою отримання щебеню – шокові дробарки. Найбільшого поширення на кар'єрах скельних порід набула шокова дробарка СМД-118 (рис. 3.1). Технічні характеристики дробарки СМД-118 наведено в табл. 3.1 [86].

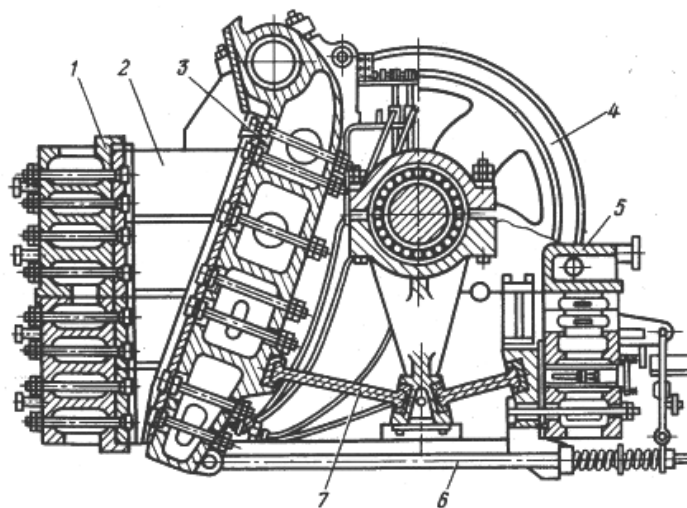


Рисунок 3.1 – Дробарка СМД-118: 1 – нерухома щока; 2 – бокова футеровка; 3 – рухома щока; 4 – маховик; 5 – задня стінка; 6 – тяга; 7 – розпірна плита

Дробарка отримує матеріал безпосередньо з кар'єрних самоскидів з двох сторін через кожні 5-6 хвилин. Розмір бункера підібраний так, щоб витримати навантаження двох кар'єрних самоскидів з об'ємом кузова 60 м^3 (5,5 м шириною). Форма бункера оптимізована для забезпечення каскадного завантаження дробарки. Валуні, розмір яких перевищує розмір

приймального отвору дробарки, подрібнюються за допомогою гідравлічного молота. Продукт після дробарки надходить до розвантажувального бункера, звідки матеріал транспортується на проміжний склад.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики дробарки СМД-118

Показник	Значення показника
Продуктивність, м ³ /год	310
Розмір приймального отвору, мм	
- ширина	1200
- довжина	1500
Максимальний розмір шматка, мм	1000
Діапазон проміжка, мм	115-195
Встановлена потужність, кВт	160
Маса, т	145,2

У зв'язку з тим, що дробарка СМД-118 морально та фізично застаріла постала необхідність виведення її із експлуатації на підприємстві і розгляду альтернативних варіантів обладнання для первинного подрібнення гірських порід. При обґрунтуванні вибору необхідно враховувати такі основні технологічні показники як продуктивність кар'єру та дробарки, необхідний показник по крупності на виході та допустимий на вході, екологічні та економічні показники ефективності роботи обладнання, тощо [87].

Аналіз сучасного дробарного обладнання згідно вимог до гранулометричного складу (розмір негабариту – більше 1300 мм, вихід негабариту – менше 8%), можливості розширення мережі свердловин, цінових показників [88-92] показав, що найбільш доцільними та раціональними для даних умов є дробарки марок Metso Superior та Sandvik. В табл. 3.2 та 3.3 наведено технічні характеристики модельного ряду відповідно марок Metso Superior [93] та Sandvik [94].

Згідно необхідного показника по крупності на виході 125-130 мм за даними табл. 3.2 та 3.3 обрано для детального розгляду моделі дробарок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820. Порівняльний аналіз їх основних характеристик наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики модельного ряду Metso Superior [93]

Модель	Завантажувальний отвір, мм	Загальна вага, т	Потужність, кВт
МК-II 42-65	1065	119	375
МК-II 50-65	1270	145	375
МК-II 54-75	1370	242	450
МК-II 62-75	1575	302	450
МК-II 60-89	1525	387	600
МК-II 60-110	1525	588	1000

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики модельного ряду Sandvik [94]

Модель	Завантажувальний отвір, мм	Загальна вага, т	Потужність, кВт
CG650	1150	181	375
CG820	1350	262	450
CG840	1550	451	600
CG850	1550	523	800
CG880	1650	748	1100

Таблиця 3.4 – Основні характеристики дробарок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820

Показник	Metso Superior МК-II 54-75	Sandvik CG820
Продуктивність, т/год	2000	2000
Діапазон проміжку, мм	125-200	130-205
Приймальний отвір, мм	1370	1350
Вага дробарного комплексу, т	242	262
Встановлена потужність, кВт	450	450
Об'єм приймального бункера, м ³	95	-
Об'єм розвантажувального бункера, м ³	250	-
Ширина розвантажувального бункера, мм	2000	1600
Довжина розвантажувального бункера, мм	2500	3000
Футеровка дна/бічної поверхні розвантажувального бункера, мм	40/30	20/10
Кран з поворотною стрілою	Так	Ні
Сходові секції	Так	Ні
Опція роботи при низьких температурах (-35°C)	Так	Ні
Поворот стріли гідравлічного молота, град	350	170
Привід	Ремінний	Прямий
Конструкція для встановлення на фундамент	Так	Ні
Вартість, тис. у.о.	9554	9447

Порівняльний аналіз основних характеристик дробарок Metso Superior

МК-II 54-75 та Sandvik CG820 згідно даних табл. 3.4 [93, 94] показав, що при однакових значеннях продуктивності та встановленої потужності дробарка Metso Superior МК-II 54-75 має ряд переваг:

1) діаметр приймального отвору дробарки Metso Superior МК-II 54-75 більший у порівнянні з Sandvik CG820, що дозволяє подрібнювати шматки гірської породи більших розмірів;

2) вага дробарного комплексу Metso Superior МК-II 54-75 менша ніж вага Sandvik CG820, отже тиск на опорну конструкцію комплексу та, відповідно, на земну поверхню є також меншим;

3) футеровка дна та бічної поверхні розвантажувального бункера дробарного комплексу Metso Superior МК-II 54-75 товща в 2 рази ніж футеровка дна та бічної поверхні розвантажувального бункера дробарного комплексу Sandvik CG820. Це дозволяє підвищити надійність його захисту від можливих механічних, фізичних та термічних пошкоджень;

4) наявність крану з поворотною стрілою забезпечує зручне і безпечно обслуговування вузла приводу;

5) наявність сходової секції дозволяє отримати доступ на всі рівні комплексу;

6) опція роботи комплексу при низьких температурах (до -35°C) дає можливість забезпечення його функціонування у будь-який період року;

7) поворот стріли гідравлічного молота на 350° дозволяє отримати доступ до будь-якої частини приймального бункера;

8) привід ремінного типу, що використовується у дробарному комплексі Metso Superior МК-II 54-75, дозволяє запустити дробарку з повною камерою подрібнення, на відміну від приводу прямого типу в комплексі Sandvik CG820, при якому це зробити практично неможливо;

9) наявність конструкції для встановлення на фундамент забезпечує надійне закріплення дробарки.

До недоліків дробарного комплексу Metso Superior МК-II 54-75 можна віднести меншу довжину його розвантажувального бункера у порівнянні з

бункером дробарного комплексу Sandvik CG820, проте цей недолік компенсується відповідно його більшою шириною, тому корисна площа розвантажувальних бункерів двох порівнювальних комплексів є приблизно однаковою.

На основі порівняльного аналізу дробарних комплексів встановлено, що дробарка Metso Superior МК-II 54-75 має перевагу практично за всіма показниками при перевищенні вартості лише на 1,12%. Отже, для більш детального розгляду можливості введення в експлуатацію, при впровадженні циклічно-поточної технології виробництва щебеню, яка передбачає розміщення дробарного устаткування в робочій зоні кар'єру, обрано дробарку Metso Superior МК-II 54-75.

3.2 Технологічні особливості дробарного комплексу Metso Superior МК-II 54-75

Дробарка типу Metso Superior МК-II 54-75 призначена для первинного подрібнення гірської маси після проведення буропідривних робіт. Принципова технологічна схема первинного подрібнення граніту наведена на рис. 3.2 [93].

На першому етапі відбувається навантаження гірської маси в кар'єрні самоскиди типу БелАЗ-7547 та БелАЗ-7548, транспортування її до дробарки Metso Superior МК-II 54-75 та розвантаження з двох сторін до приймального бункеру. У випадках, коли після буропідривних робіт розмір ребра шматка граніту перевищує максимально допустиме значення для подачі його в приймальний отвір дробарки, який становить 1370 мм, відбувається його подрібнення гідравлічним молотом Testan ТМВ 27, оснащеним стрілою-маніпулятором (рис. 3.3). Технічні характеристики гідромолота Testan ТМВ 27 наведено в табл. 3.5.

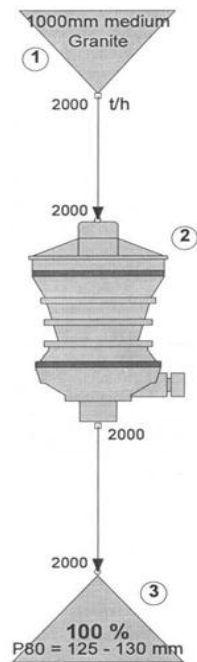


Рисунок 3.2 – Принципова технологічна схема первинного подрібнення граніту



Рисунок 3.3 – Подрібнення граніту гідравлічним молотом Тесман ТМВ 27

Гірська маса подається до приймального бункеру дробарки Metso Superior МК-II 54-75 з інтенсивністю 2000 т/год (рис. 3.4, 3.5). Об'єм приймального бункеру становить 95 м³ [93].

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики гідромолота Тестан ТМВ 27

Показник	Значення показника
Вага, кг	2950
Сила удару, Дж	6000
Встановлена потужність, кВт	105
Діаметр піки, мм	160
Кут повороту, град	360

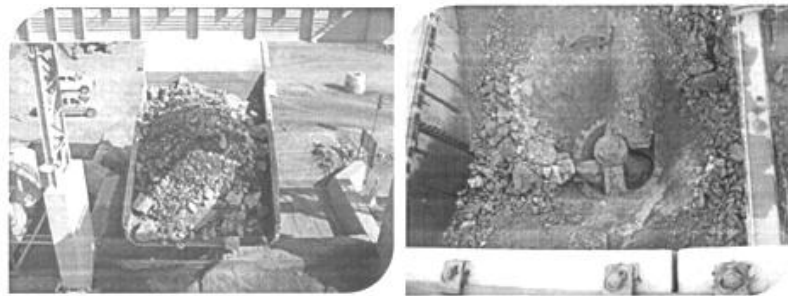


Рисунок 3.4 – Приймальний бункер дробарки первинного подрібнення

На другому етапі відбувається подрібнення гірської маси дробаркою Metso Superior МК-II 54-75 (рис. 3.5) на менші фракції до відповідної крупності [93].

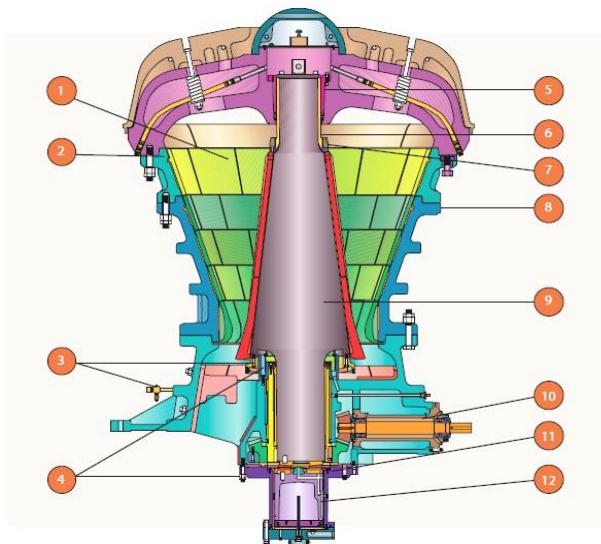


Рисунок 3.5 – Дробарка Metso Superior МК-II 54-75: 1 – подрібнювальна камера; 2 – марганцева оболонка; 3 – ущільнювач пилу; 4 – урівноважувальний елемент; 5 – спайдер; 6 – невід'ємний головний вал; 7 – головна гайка з вогневого кільця; 8 – високоміцний корпус; 9 – головний вал; 10 – зовнішній передавач і регулятор люфту шестерні; 11 – індикатор зносу підшипника; 12 – основна система положення валу

Верхня чаша дробарки зображена на рис. 3.6. Вона призначена для завантаження гірської маси.

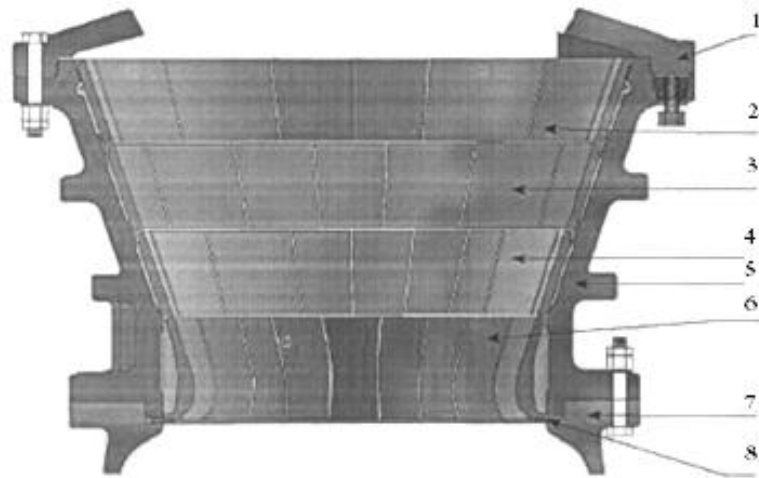


Рисунок 3.6 – Верхня чаша дробарки Metso Superior МК-II 54-75: 1 – спайдер; 2 – вищий рівень; 3 – третій рівень; 4 – другий рівень; 5 – верхній кожух; 6 – нижній рівень; 7 – нижній каркас; 8 – увігнуте опірне кільце

Головний вал дробарки (рис. 3.7) служить для приведення в обертальний рух внутрішньої частини конструкції.

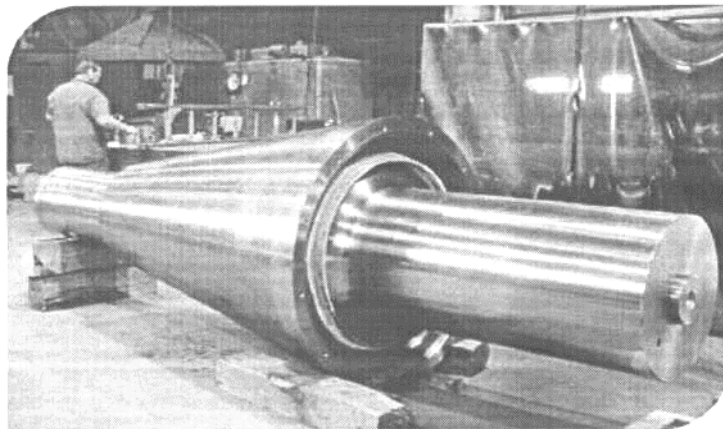


Рисунок 3.7 – Головний вал дробарки Metso Superior МК-II 54-75

Баланс дробарки досягається за допомогою більшої нижньої і меншої верхньої противаг (рис. 3.8). Ефективне балансування знижує динамічні

навантаження і відповідно вимоги до металоконструкцій. Високий вміст свинцю в противагах дозволяє захистити бронзові втулки під час перенавантаження або недостатньої подачі масла.

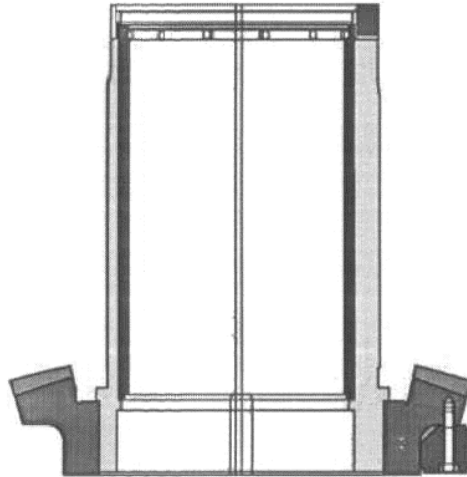


Рисунок 3.8 – Верхня противага дробарки Metso Superior MK-II 54-75

Для контролю за положенням головного валу встановлена система MPS і регулювання проміжку, яка змінює ширину розвантажувальної щілини і таким чином впливає на крупність продукту (рис. 3.9).

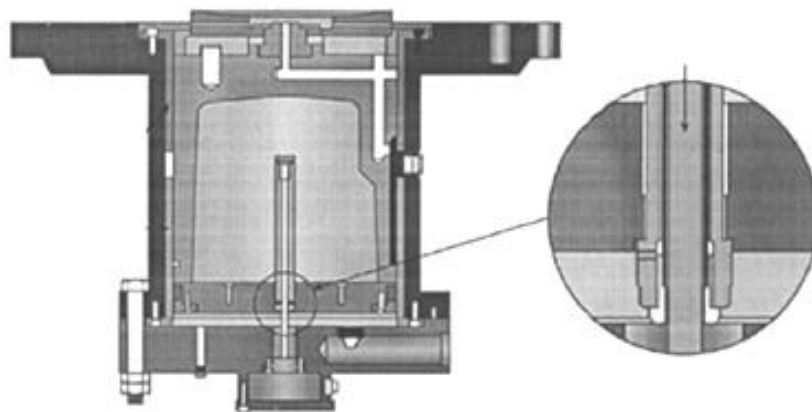


Рисунок 3.9 – Система MPS і регулювання проміжку

Функцію забезпечення стійкості положення дробарки, обслуговування її складових виконує опорна конструкція (рис. 3.10). Вона складається з робочої ділянки для обслуговування головного валу, сходової секції по всій

висоті станції подрібнення, візка для обслуговування ексцентрика та поворотного крану для обслуговування вузла привода [93].

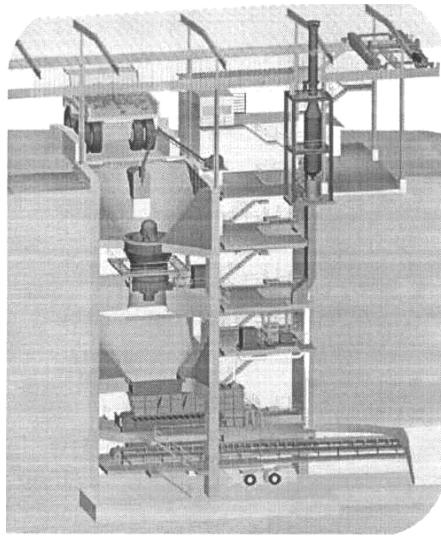


Рисунок 3.10 – Опорна конструкція

Після подрібнення граніт надходить у розвантажувальний бункер (рис. 3.11). Його об'єм становить 250 м^3 , футеровка виконана зі зносостійкої сталі. Контроль рівня матеріалу в бункері відбувається за допомогою системи автоматики.

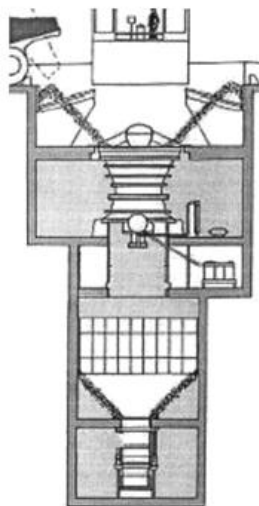


Рисунок 3.11 – Розвантажувальний бункер

Отже, дробарка типу Metso Superior МК-II 54-75 обладнана всім

необхідним для досягнення максимальної ефективності процесу первинного подрібнення гірської маси, задовільняє вимоги щодо підвищення продуктивності кар'єру до 2000 т/год.

3.3 Дослідження впливу геометричної форми шматка гірської маси на продуктивність дробарного обладнання

Основним показником роботи дробарки є її продуктивність: чим вона більша, тим вищою є ефективність роботи. Значення продуктивності P можна знайти за формулою [95]:

$$P=V/t, \quad (3.1)$$

де V – об'єм шматків гірської маси, м³;

t – час, необхідний для подрібнення гірської маси, с.

Шматки граніту після проведення буропідривних робіт мають, здебільшого, неправильну різноманітну форму. Аналіз залежностей, які математично описують фігури неправильної форми показав, що форму шматка подрібненого масиву можна описати рівнянням Кассіні.

Згідно математичної теорії [96] лінією Кассіні називається геометричне місце точок M , для яких добуток $MF_1 \cdot MF_2$ відстаней до кінців даного відрізка $F_1F_2=2c$ дорівнює квадрату даного відрізка a :

$$MF_1 \cdot MF_2 = a^2.$$

Точки F_1, F_2 є фокусами; пряма F_1F_2 є віссю лінії Кассіні; середина O відрізка F_1F_2 – центром. На $F_1F_2=2c$, як на діаметрі (рис. 3.12), будуємо окружність O . На її дотичній F_1K беремо відрізок $F_1K=a$. Відклавши на осі F_1F_2 від точки O відрізки OA_1 і OA_2 , рівні OK , отримаємо точки A_1, A_2 лінії Кассіні, найбільш віддалені від центру ($OA_1 = OA_2 = \sqrt{c^2 + a^2}$).

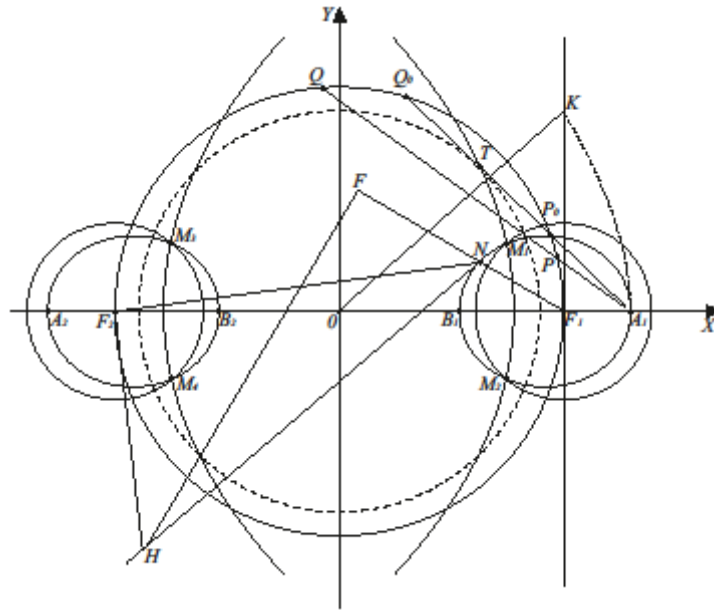


Рисунок 3.12 – Геометричне місце розташування точок для побудови лінії Кассіні

Якщо $a < c$, як на рис. 3.12, то додатково будуємо коло з радіусом a з центром в точці O (на рис. 3.12 вона проведена пунктиром) і проводимо до неї з точки A_1 дотичну A_1T . У перетині з основною окружністю O (c) отримаємо точки P_0, Q_0 . Від одного з фокусів, скажімо, від F_1 , відкладемо у напрямку до O відрізки $F_1B_1=A_1P_0$ і $F_1B_2=A_1Q_0$. Отримаємо точки B_1, B_2 найменш віддалені від центру ($OB_1 = OB_2 = \sqrt{c^2 - a^2}$).

Якщо ж $a \geq c$, то найменш віддалені точки C_1, C_2 (рис. 3.13) лежать на осі симетрії OY відрізка F_1F_2 на відстані $F_1C_1=F_2C_1=a$ від фокусів F_1, F_2 ($OC_1 = OC_2 = \sqrt{a^2 - c^2}$). Точки A_1, A_2 і B_1, B_2 (або C_1, C_2) є вершинами лінії Кассіні.

Через точку A_1 (або A_2) проводимо (рис. 3.12) довільну січну A_1PQ основного кола O (c), причому в разі $a < c$ обмежуємось тими січними, які перетинають також додаткову окружність O (a). З фокусу F_1 як з центру, описуємо коло з радіусом $r=A_1P$, а з F_2 – коло з радіусом $r'=A_1Q$. Їх точки перетину M_1, M_2 належать лінії Кассіні. Змінюючи ролями точки F_1 і F_2 ,

отримаємо ще пару точок M_3, M_4 . Шукана лінія є геометричним місцем точок M_1, M_2, M_3, M_4 .

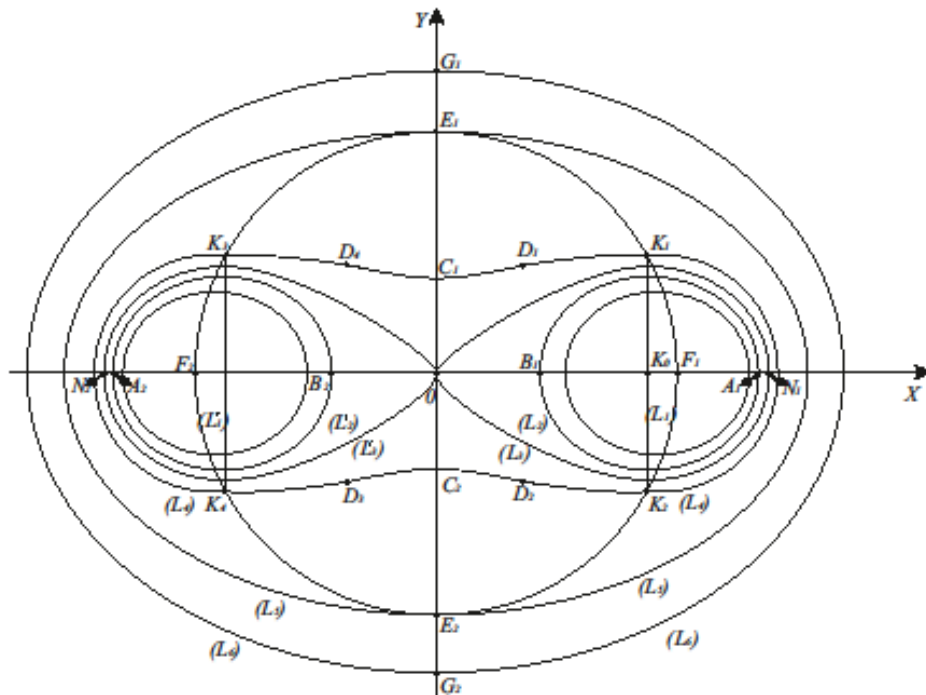


Рисунок 3.13 – Граничні перегини лінії Кассіні

Рівняння (O – початок; $F_2 F_1$ – вісь абсцис):

$$(x^2 + y^2)^2 - 2c^2(x^2 - y^2) = a^4 - c^4. \quad (3.2)$$

Рівняння в полярній системі (O – полюс, OX – полярна вісь):

$$p^4 - 2c^2 p^2 \cos 2\phi + c^4 - a^4 = 0.$$

Або

$$p^2 = c^2 \cos 2\phi \pm \sqrt{a^4 - c^4 \sin^2 2\phi}.$$

Подвійний знак береться, коли $a < c$. В іншому випадку беремо лише знак плюс (інакше ρ буде уявним). Лінія Кассіні симетрична відносно прямих OX і OY , отже, щодо точки O .

При $a < c$ лінія Кассіні складається з пари відокремлених овалів. На рис. 3.13 пара овалів L_1, L'_1 відповідає значенню $a=0,8c$; пара L_2, L'_2 – значенню $a=0,9c$. При $a > c$ це замкнута крива (при $a=1,1c$ – лінія L_4 , при $a=c\sqrt{2}$ – лінія L_5 , при $a=c\sqrt{3}$ – лінія L_6). У граничному випадку $a=c$ лінія Кассіні є лемніскатою L_3 . Коли a , зростаючи, прагне до c , вершини A_1, A_2 прагнуть до збігу з вершинами N_1, N_2 лемніскати, а вершини B_1, B_2 – з вузловою точкою O ; при цьому правий овал перетворюється в праву петлю лемніскати, а лівий – в ліву.

При подальшому зростанні відрізка a , коли він перевищує c , але менше $c\sqrt{2}$ ($c < a < c\sqrt{2}$), лінія Кассіні (L_4 на рис. 3.13) набуває чотири симетрично розташовані точки перегину D_1, D_2, D_3, D_4 ; будучи замкнутою, вона, однак, не є овалом). Кривизна в вершинах C_1, C_2 нескінченно велика при нескінченній малості $a-c$. Коли ж a , зростаючи, прямує до $c\sqrt{2}$, кривизна в точках C_1, C_2 наближається до нуля.

Гранична лінія Кассіні, що відповідає співвідношенню $a=c\sqrt{2}$ (L_5 на рис. 3.13), і всі інші лінії ($a > c\sqrt{2}$) є овалами. Проте граничний овал має нульову кривизну в вершинах E_1, E_2 (в цих точках попарно зливаються точки перегину лінії L_4 , а в точках перегину кривизна завжди дорівнює нулю).

При $a \geq c\sqrt{2}$, тобто для всіх овалів, що охоплюють граничний овал L_5 , найбільший діаметр $G_1G_2 = 2\sqrt{a^2 - c^2}$ лежить на осі OY . Будь-яка ж лінія Кассіні, що лежить всередині граничного овалу, має два найбільших діаметри:

$$K_1K_2 = K_3K_4 = \frac{a^2}{2c}.$$

Вони розташовані симетрично OY і віддалені від центру O на відстань

$$OK_0 = \frac{\sqrt{4c^4 - a^4}}{2c}.$$

Кінці їх K_1, K_2, K_3, K_4 лежать на основній окружності O . Остання є геометричним місцем тих точок, в яких дотичні до ліній Кассіні паралельні осі OX . Кожна така дотична є «подвійною», тобто вона дотикається лінії Кассіні в двох точках K_1, K_3 , симетричних відносно OY .

Радіус кривизни визначається наступним чином:

$$R = \frac{2a^2\rho^3}{c^4 - a^4 + 3\rho^4} = \frac{a^2\rho}{\rho^2 + c^2 \cos 2\phi}.$$

Зокрема, в вершинах A ($\rho = \sqrt{c^2 + a^2}$, $\phi = 0$), B ($\rho = \sqrt{c^2 - a^2}$, $\phi = 0$), C ($\rho = \sqrt{a^2 - c^2}$, $\phi = \frac{\pi}{2}$):

$$R_A = \frac{a^2\sqrt{c^2 + a^2}}{2c^2 + a^2}; R_B = \frac{a^2\sqrt{c^2 - a^2}}{2c^2 - a^2}; R_C = \frac{a^2\sqrt{a^2 - c^2}}{|a^2 - 2c^2|}.$$

Полярні координати точок перегину D_1, D_2, D_3, D_4 визначаються за формулами:

$$\rho_D = \sqrt[4]{\frac{a^4 - c^4}{3}}; \cos 2\phi_D = -\sqrt{\frac{1}{3}\left(\frac{a^4}{c^4} - 1\right)}.$$

Геометричне місце точок перегину є лемніскатою з вершинами E_1, E_2 .

Щоб побудувати дотичну до лінії Кассіні в її точці N (рис. 3.12), продовжимо відрізок F_1N за точку N , на відстань $NF = NF_1$. Через точки F і F_2 проведемо прямі FH і F_2H , відповідно перпендикулярні до F_1N і F_2N . Точку їх перетину H з'єднаємо з N . Пряма NH є шукана дотична.

Якщо прямі FH і F_2H перетинаються в недопустимій точці, то відрізки NF , NF_2 можна пропорційно зменшити.

Використовуючи формули переходу до полярної системи координат $x = \rho \cos \varphi$, $y = \rho \sin \varphi$, отримаємо [97]:

$$\begin{aligned}(\rho^2 \cos^2 \varphi + \rho^2 \sin^2 \varphi)^2 - 2c^2(\rho^2 \cos^2 \varphi - \rho^2 \sin^2 \varphi) &= a^4 - c^4; \\ \rho^4 - 2c^2 \rho^2 (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) &= a^4 - c^4; \\ \rho^4 - 2c^2 \rho^2 \cos 2\varphi &= a^4 - c^4; \\ \rho^4 - 2c^2 \rho^2 \cos 2\varphi + c^4 \cos^2 \varphi &= a^4 - c^4 + c^4 \cos^2 \varphi; \\ (\rho^2 - c^2 \cos 2\varphi)^2 &= a^4 + c^4 (\cos 2\varphi - 1).\end{aligned}$$

Оскільки існує обмеження:

$$\begin{aligned}a^4 + c^4 (\cos^2 2\varphi - 1) &\geq 0; \\ a^4 &\geq c^4 (1 - \cos^2 2\varphi),\end{aligned}$$

то рівність набуде вигляду:

$$\begin{aligned}\rho^2 - c^2 \cos 2\varphi &= [a^4 + c^4 (\cos^2 2\varphi - 1)]^{1/2}; \\ \rho^2 &= c^2 \cos 2\varphi + [a^4 + c^4 (\cos^2 2\varphi - 1)]^{1/2}.\end{aligned}$$

Варіації ліній Кассіні зображено на рис. 3.14.

Формула для визначення площі в полярній системі координат буде мати вигляд:

$$S = \int_0^{\pi} \rho^2(\varphi) d\varphi. \quad (3.3)$$

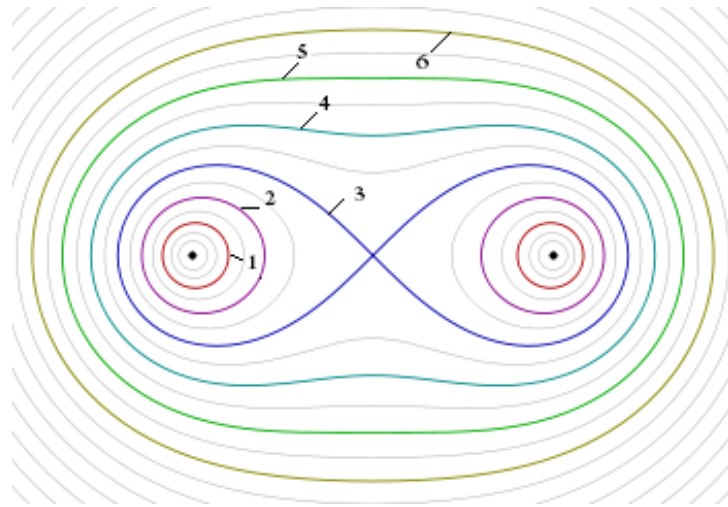


Рисунок 3.14 – Овали Кассіні: $1 - a = 0,6 c$; $2 - a = 0,8 c$; $3 - a = c$; $4 - a = 1,2 c$; $5 - a = 1,6 c$

Розрахунок об'єму шматка гірської маси можна умовно провести за формулою:

$$V = S \cdot h, \quad (3.4)$$

де S – площа поперечного перерізу шматка, м^2 ;

h – висота шматка, м.

Встановлено залежність продуктивності гіраційного дробарного обладнання від геометричної форми шматка гірської маси. Прийнято, що час на подрібнення гірської маси є сталим, отже на досягнення максимально можливих значень продуктивності впливає геометрична форма шматків граніту, оскільки визначає коефіцієнт заповнення робочого простору дробарки. Результати розрахунків для форм, які умовно можна наблизити до куба та паралелепіпеда, імітуючих найбільш характерні шматки гірської маси в дробарці (від кубовидних до лещадних), наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунок продуктивності дробарки при різних формах шматків граніту

Форма шматка	Максимальні розміри шматка згідно розміру приймального отвору дробарки, м	Час подрібнення, год	Об'єм шматка, м ³	Максимальна продуктивність дробарки, м ³ /год
Куб	0,76x0,76x0,76	1	0,439	94,824
Паралелепіпед	0,76x0,76x0,68	1	0,393	94,713

Згідно результатів розрахунків, більш доцільним з точки зору продуктивності є подрібнення в дробарці шматків геометричної форми наближеної до куба, оскільки вони більш щільно заповнюють простір бункеру дробарки у порівнянні із шматками лещадної чи голчастої форми, а саме 94,824 з 95 м³ при розмірі вхідного отвору дробарки 1,3 м. Це дозволяє максимально повно використовувати можливості дробарки, а отже досягати ефективності її роботи до 99 %.

3.4 Розрахунок викидів шкідливих речовин при подрібненні та транспортуванні гірської маси

Видобуток корисних копалин призводить до утворення великої кількості забруднюючих речовин та пилу, а транспортування гірської маси створює значні додаткові фінансові витрати на паливо та паливно-мастильні матеріали. Вирішити дану проблему можна шляхом впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню за рахунок застосування і встановлення в зоні проведення гірничих робіт сучасної гіраційної дробарки у комплексі з крутопохилим конвеєром.

Для того, щоб оцінити доцільність запропонованих нововведень необхідно провести порівняльну оцінку екологічної складової до та після впровадження змін. Етапи подрібнення та транспортування гірської маси супроводжуються додатковими процесами, тому потрібно проводити комплексну оцінку їх впливу на стан навколишнього середовища.

Інтенсивним неорганізованим джерелом викиду пилу є перезавантаження гірської маси, завантаження її у відкриті вагони, розвантаження самоскидів у бункер, зсипання гірської маси відкритою течією в склад та інше. Інтенсивність пиловиділення від цих джерел може бути розрахована за формулою [83]:

$$Q = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 \times K_7 \times B \times G \times 10^6}{3600}, \text{ г/с} \quad (3.5)$$

де K_1 – масова доля пилової фракції в матеріалі. Визначається шляхом промивання і просіювання середньої проби з виділенням фракції пилу розміром 0-200 мкм;

K_2 – доля пилу від маси пилу, що переходить в аерозоль;

K_3 – коефіцієнт, який враховує місцеві метеорологічні умови;

K_4 – коефіцієнт, який враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішнього впливу, умови пилоутворення;

K_5 – коефіцієнт, який враховує вологість матеріалу;

K_6 – коефіцієнт, який враховує профіль поверхні матеріалу, що складається;

K_7 – коефіцієнт, що залежить від крупності матеріалу;

B – коефіцієнт, який враховує висоту перезавантаження;

G – продуктивність вузла перезавантаження, т/год.

При постійній інтенсивності джерела пиловиділення рівень місцевого забруднення атмосфери є функцією швидкості повітря в місці розміщення джерела, напряму повітряного потоку, ступеня його турбулентності, відстані від осередку пиловиділення до місця відбору проби повітря. Процес здування пилу дуже складний. Його інтенсивність залежить від цілого ряду чинників: дисперсного складу та форми пилу, його мінерального і хімічного складу, питомої ваги, фізико-хімічних властивостей, величини сили адгезії, швидкості повітряного потоку, рівня його запиленості та інших.

Рух автотранспорту в кар'єрах зумовлює виділення пилу та утворення газів від двигунів внутрішнього згорання. Пил виділяється в результаті взаємодії коліс з полотном дороги і здування з поверхні гірської маси, навантаженої в кузов машини.

Загальну кількість пилу, що виділилась автотранспортом в межах кар'єру, можна розрахувати за наступною формулою [98]:

$$q = \frac{C_1 \times C_2 \times C_3 \times N \times a \times q_1}{3600} + C_4 \times C_5 \times C_6 \times F \times n \times q_2, \text{ г/с}, \quad (3.6)$$

де C_1 – коефіцієнт, який враховує середню вантажопідйомність одиниці автотранспорту, яка визначається як ділення сумарної вантажопідйомності всіх діючих в кар'єрі машин на їх число « n » при умові, що максимальна і мінімальна вантажопідйомність відрізняється не більше ніж у два рази;

C_2 – коефіцієнт, який враховує середню швидкість пересування транспорту в кар'єрі, яка визначається за формулою:

$$V_{cp} = \frac{N \times a}{n}, \text{ км/год}; \quad (3.7)$$

C_3 – коефіцієнт, який враховує стан доріг;

C_4 – коефіцієнт, який враховує профіль поверхні матеріалу на платформі;

C_5 – коефіцієнт, який враховує швидкість обдування матеріалу;

C_6 – коефіцієнт, який враховує вологість поверхневого шару матеріалу;

q_1, q_2 – пиловиділення з одиниці фактичної поверхні матеріалу на платформі, г/м² с;

F – площа платформи, м²;

N – число циклів автотранспорту за годину;

a – середня тривалість одного циклу в межах кар'єру, км;

n – число машин, які працюють на підприємстві.

Об'єм вихлопних газів при роботі автомашин складає 15-20 кг на 1 кг використаного палива. Витрата палива в кг/год на одну кінську силу потужності складає для карбюраторних двигунів 0,4 кг/к.с.год, для дизельних двигунів – 0,25 кг/к.с.год [99]. Загальна маса шкідливих речовин, що виділяються при спалюванні палива кар'єрним автотранспортом, залежить від режиму роботи двигуна автомобіля протягом рейсу [98]. Розглядаючи роботу автомобіля на кар'єрі, можна виділити три характерних режими роботи двигуна [81]:

- 1) холостий хід – при навантаженні, очікуванні і на спуску;
- 2) повне використання потужності двигуна – при русі на підйом і при русі навантаженого автомобіля по горизонтальних ділянках траси;
- 3) часткове (приблизно 50-відсоткове) використання потужності двигуна – при русі автомобілів по горизонтальних ділянках траси в порожніх і при розвантаженні.

Маса річного викиду шкідливих речовин від спалювання палива в двигунах автомобілів:

$$m_p = \sum_{i=1 \dots n}^n m_{pi}, \text{ т/рік}, \quad (3.8)$$

де n – загальне число домішок, що викидаються в атмосферу;

i – види домішок, що викидаються джерелом ($i = 1 \dots n$);

m_{pi} – маса i -ої шкідливої речовини, що викидається при роботі автомобіля, т/рік:

$$m_{pi} = m_{ki} \cdot n_{pik} \cdot N \cdot k_t \cdot k_1 \cdot 10^{-3}; \quad (3.9)$$

m_{ki} – маса i -ої шкідливої речовини, що виділяється двигуном при роботі в різних режимах, кг/добу;

k – коефіцієнт, що характеризує режим роботи двигуна [100];

$n_{\text{рік}}$ – число днів роботи машини на рік;

N – число працюючих автосамоскидів;

k_t – коефіцієнт впливу кліматичних умов роботи;

k_I – коефіцієнт, що залежить від віку і технічного стану автопарку: для автосамоскидів з терміном експлуатації менше 2 років приймається рівним 1, при терміні експлуатації більше 2 років – 1,2 [101].

Маса i -ої шкідливої речовини, що виділяється двигуном при роботі в різних режимах:

$$m_{ki} = \sum_{k=1}^3 q_{ki} \cdot t_k, \text{ кг/доба}, \quad (3.10)$$

де q_{ki} – питомий викид i -ої шкідливої речовини при роботі двигуна в k -му режимі, кг/год;

t_k – час роботи двигуна в k -му режимі за добу, год. Визначається виходячи з часу роботи двигуна в даному режимі протягом рейсу та сумарного часу роботи машини на добу.

Згідно вихідних даних, наведених в табл. 3.7, проведено розрахунок викидів пилу та вихлопних газів під час навантаження, розвантаження гірської маси та транспортування її автосамоскидами при технології та обладнанні, що використовуються [71, 102], та після впровадження циклічно-поточної технології, що передбачає розміщення дробарного устаткування в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром.

На сьогоднішній день на Пинязевицькому родовищі гранітів технологічна схема операцій з виробництва щебеню після проведення буропідривних робіт складається з наступних етапів:

- 1) відбір негабариту та його локальне складування;
- 2) навантаження видобутої гірської маси на автосамоскиди БелАЗ 7547 та БелАЗ 7548;

3) транспортування гірської маси автосамоскидами від місця проведення буропідривних робіт до дробарного устаткування, що знаходиться за межами кар'єру;

4) розвантаження гірської маси з автосамоскидів до приймального бункеру дробарки СМД-118 та її подрібнення.

Таблиця 3.7 – Технологічні та метеорологічні показники кар'єру Пинязевицького родовища гранітів

Показник	Значення показника
Щільність граніту, г/см ³	2,8
Максимальна вологість матеріалу, %	4
Середній розмір шматка, мм	320
Висота падіння матеріалу при розвантажуванні, м	1,0
Кількість автосамоскидів, які працюють на підприємстві	7
Довжина транспортування, км	2
Середня швидкість транспортування, км/год	13,1
Число циклів автотранспорту за годину	23
Вантажопідйомність автосамоскидів БелАЗ 7547, БелАЗ 7548, т	45
Швидкість вітру в кар'єрі, м/с	2,5
Швидкість обдуву кузова, м/с	4
Пиловиділення з одиниці фактичної поверхні матеріалу на платформі автосамоскиду, г/м ² ·с	0,002
Пиловиділення з 1 км пробігу, г/м ² ·с	1450
Кількість робочих днів у році	300
Кількість робочих змін на добу	2
Тривалість робочої зміни, год	8

Кожен з цих етапів супроводжується негативним впливом на навколишнє середовище, а саме утворенням і викидами пилу та шкідливих газів. Роботи, що проводяться в кар'єрі на великих глибинах, не чинять значного впливу на довкілля, оскільки більшість утворених забруднюючих речовин залишається в робочій зоні. Тому для оцінки впливу на навколишнє середовище процесу транспортування та первинного подрібнення гірської маси розраховано викиди забруднюючих речовин, що утворюються в верхніх

шарах кар'єру та поблизу нього, оскільки вони найбільшою мірою впливають на стан прилеглих територій та здоров'я населення в цій місцевості.

Транспортування гірської маси автосамоскидами здійснюється з нижніх горизонтів кар'єру до дробарки, що знаходиться за межами кар'єру. Загальна відстань шляху перевезення становить 2 км. Однак на стан прилеглих територій чинять вплив лише останні 0,7 км руху автосамоскидів на верхньому горизонті кар'єру. Враховуючи кількість робочих днів у році та їх тривалість, введено коефіцієнт переведення г/с в т/рік $K_{роб}=17,28$.

Середня швидкість транспортування гірської маси $V_{сер}$ автосамоскидами становить за (3.7):

$$V_{I(сер)} = \frac{23 \times 4}{7} = 13,1 \text{ км/ГОД.}$$

Загальна кількість пилу q_1 , що утворюється при русі автотранспорту на верхніх горизонтах кар'єру, становить за (3.6):

$$q_1 = \left(\frac{3 \times 1,3 \times 0,8 \times 23 \times 1,4 \times 1450}{3600} + 1,1 \times 1,2 \times 0,9 \times 17 \times 7 \times 0,002 \right) \times 17,28 = 703,3 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок інтенсивності пиловиділення Q_1 при розвантаженні автосамоскидів у приймальний бункер дробарки за (3.5):

$$Q_1 = \left(\frac{0,02 \times 0,04 \times 1,2 \times 1 \times 0,7 \times 1,4 \times 0,2 \times 0,5 \times 860 \times 10^6}{3600} \right) \times 3,46 = 77,76 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок маси викиду основних шкідливих речовин (CO, NO_x, CH₄, C), що утворюються при спалюванні палива двигунами автосамоскидів при роботі в різних режимах, проведено за (3.10):

$$m_{k(CO)} = 0,160 \times 8 + 0,261 \times 3 + 0,617 \times 5 = 5,15 \text{ кг/доба};$$

$$m_{k(NO_x)} = 0,115 \times 8 + 1,148 \times 3 + 2,105 \times 5 = 14,89 \text{ кг/доба};$$

$$m_{k(CH)} = 0,044 \times 8 + 0,104 \times 3 + 0,195 \times 5 = 1,62 \text{ кг/доба};$$

$$m_{k(C)} = 0,005 \times 8 + 0,034 \times 3 + 0,052 \times 5 = 0,4 \text{ кг/доба}.$$

Масу річного викиду шкідливих речовин від спалювання палива в двигунах автосамоскидів при роботі та русі на верхніх горизонтах кар'єру розраховано за (3.8, 3.9):

$$m_{p(CO)} = 5,15 \times 300 \times 7 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 15,57 \text{ т/рік};$$

$$m_{p(NO_x)} = 14,89 \times 300 \times 7 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 45,03 \text{ т/рік};$$

$$m_{p(CH)} = 1,62 \times 300 \times 7 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 4,89 \text{ т/рік};$$

$$m_{p(C)} = 0,4 \times 300 \times 7 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 1,21 \text{ т/рік};$$

$$m_{I(p)} = 15,57 + 45,03 + 4,89 + 1,21 = 66,7 \text{ т/рік}.$$

У зв'язку з тим, що ПАТ «Малинський каменедробильний завод» нарощує темпи видобутку корисних копалин та їх переробки до 2000 т/год [72], необхідно розглянути можливий вплив на стан навколишнього середовища при збільшеній продуктивності. Розрахунки проведено за (3.5-3.10).

$$V_{2(сер)} = \frac{45 \times 4}{16} = 11,3 \text{ км/ГОД};$$

$$q_2 = \left(\frac{3 \times 1,3 \times 0,8 \times 45 \times 1,4 \times 1450}{3600} + 1,1 \times 1,2 \times 0,9 \times 17 \times 16 \times 0,002 \right) \times 17,28 = 1372,84 \text{ т/рік};$$

$$Q_2 = \left(\frac{0,02 \times 0,04 \times 1,2 \times 1 \times 0,7 \times 1,4 \times 0,2 \times 0,5 \times 2000 \times 10^6}{3600} \right) \times 3,46 = 180,84 \text{ т/рік};$$

$$m_{p(CO)} = 5,15 \times 300 \times 16 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 35,6 \text{ т/рік};$$

$$m_{p(NO_x)} = 14,89 \times 300 \times 16 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 102,92 \text{ т/рік};$$

$$m_{p(CH)} = 1,62 \times 300 \times 16 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 11,2 \text{ т/рік};$$

$$m_{p(C)} = 0,4 \times 300 \times 16 \times 1 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 2,76 \text{ т/рік};$$

$$m_{2(p)} = 35,6 + 102,92 + 11,2 + 2,76 = 152,48 \text{ т/рік}.$$

Оскільки при такій технологічній схемі роботи кар'єру утворюється значна кількість пилу та шкідливих газів, автором пропонується встановлення дробарки первинного подрібнення в робочій зоні кар'єру. Це дозволить знизити кількість пилу, що виноситься за територію кар'єру, оскільки подрібнення граніту буде проводитись безпосередньо в його межах. Транспортування подрібненої гірської маси планується здійснювати крутопохилим конвеєром.

Технологічна схема виробництва щебеню буде складатись з наступних етапів:

- 1) навантаження видобутої гірської маси на автосамоскиди;
- 2) транспортування гірської маси автосамоскидами від місця проведення буропідривних робіт до дробарного устаткування, що знаходиться в робочій зоні кар'єру;
- 3) розвантаження гірської маси з автосамоскидів до приймального бункера дробарки та її подрібнення;
- 4) навантаження подрібненої гірської маси на конвеєр;
- 5) транспортування гірської маси конвеєром за межі кар'єру.

Проведено розрахунки для визначення раціональності пропозиції.

Єдиним джерелом викиду забруднюючих речовин на верхніх горизонтах кар'єру при технологічній схемі, що пропонується, є конвеєр під час транспортування гірської маси. Викиди пилу при роботі конвеєра становитимуть [103]:

$$m_{\text{конв}} = 3,6 \times q_k \times B \times L_k \times T_p \times K_1 \times K_2 \times 10^{-3}, \text{ т/рік}, \quad (3.11)$$

де q_k – питома здуваємість часток зі стрічкового конвеєра, $\text{г/м}^2 \cdot \text{с}$ [104];

B – ширина стрічки конвеєра, м;

T_p – річна кількість робочих годин;

L_k – довжина конвеєрної лінії, м;

K_1 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру, визначається за характерним для даної місцевості значенням швидкості вітру;

K_2 – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу [81].

Розрахунок маси викиду пилу при роботі конвеєра за (3.11):

$$m_{\text{конв}} = 3,6 \times 3 \times 10^{-2} \times 1,4 \times 300 \times 4800 \times 1,2 \times 1,2 \times 10^{-3} = 313,53 \text{ т/рік}.$$

Отже, проведено розрахунок викидів забруднюючих речовин на верхніх горизонтах кар'єру при трьох варіантах технологічних схем виробництва щебеню:

1) технологічна схема №1 – подрібнення гірської маси дробаркою СМД-118, яка знаходиться за межами кар'єру;

2) технологічна схема №2 – подрібнення гірської маси дробаркою Metso Superior МК-II 54-75, яка знаходиться за межами кар'єру;

3) технологічна схема №3 – застосування циклічно-поточної технології виробництва щебеню. Подрібнення гірської маси здійснюється дробаркою Metso Superior МК-II 54-75, яка знаходиться в робочій зоні кар'єру, а її транспортування за межі кар'єру після первинного подрібнення – крутопохилим конвеєром.

Сумарна кількість викидів від усіх джерел при кожній технологічній схемі становить:

$$\sum M_i = 703,3 + 77,76 + 66,7 = 847,76 \text{ т/рік};$$

$$\Sigma M_2 = 1372,84 + 180,84 + 152,48 = 1706,16 \text{ т/рік};$$

$$\Sigma M_3 = 313,53 \text{ т/рік}.$$

Порівняння кількості викидів пилю та вихлопних газів при технологічних схемах № 1-3 наведено в табл. 3.8 та на рис. 3.15-3.16.

Таблиця 3.8 – Кількість утворених забруднюючих речовин при технологічних схемах №1-3

№ технологічної схеми Вид забруднення	1	2	3
1. Викиди пилю при транспортуванні гірської маси, т/рік	703,3	1372,84	313,53
2. Викиди пилю при завантаженні гірської маси в дробарку, т/рік	77,76	180,84	0
3. Викиди вихлопних газів при роботі автосамоскидів, т/рік	66,7	152,48	0
4. Сумарна кількість викидів від усіх джерел забруднення, т/рік	847,76	1706,16	313,53

Аналіз отриманих даних (табл. 3.8, рис. 3.15-3.16) показав, що найменша кількість забруднюючих речовин утворюється при технологічній схемі №3 (313,53 т/рік у порівнянні з 847,76 та 1706,16 т/рік при технологічних схемах №1 та 2 відповідно). Отже, варіант із застосуванням запропонованої циклічно-поточної технології виробництва щебеню, яка передбачає розміщення дробарного устаткування в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром, є найбільш доцільним та раціональним з-поміж існуючих.

Очікуваний щорічний додатковий дохід буде формуватися за рахунок зменшення виплат екологічного податку, зменшення витрат на паливо та паливно-мастильні матеріали, а також на заробітні плати працівникам.

Податкова ставка за викид однієї тонни пилю становить 74,17 грн. Тоді розмір сплати екологічного податку зменшиться на:

$$\Delta П = 74,17 \cdot (1553,68 - 313,53) = 91\,981,9 \text{ грн.}$$

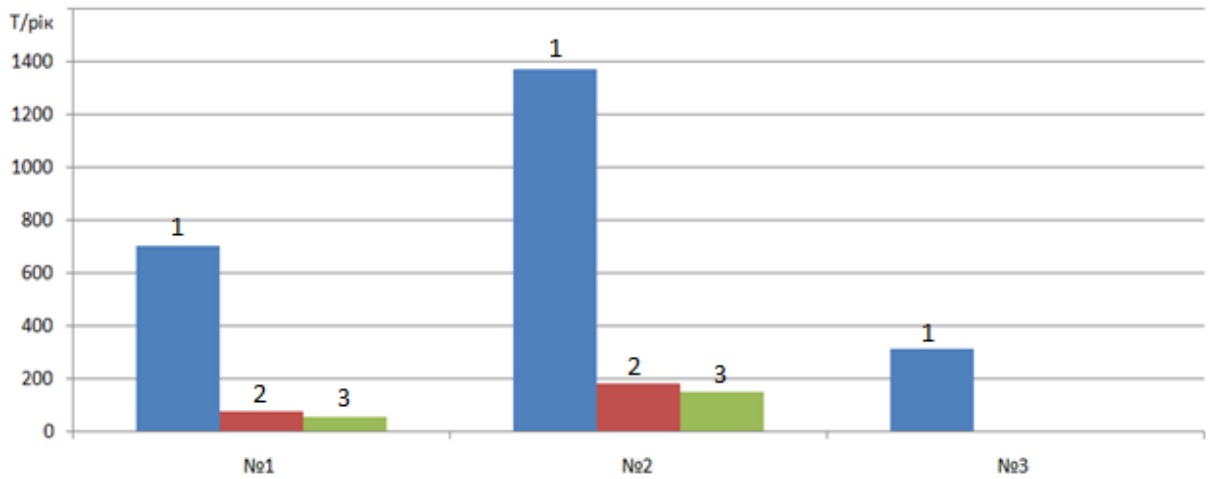


Рисунок 3.15 – Викиди пилу та вихлопних газів при технологічних схемах №1-3: 1 – при транспортуванні гірської маси; 2 – при завантаженні гірської маси в дробарку; 3 – при роботі двигунів автосамоскидів

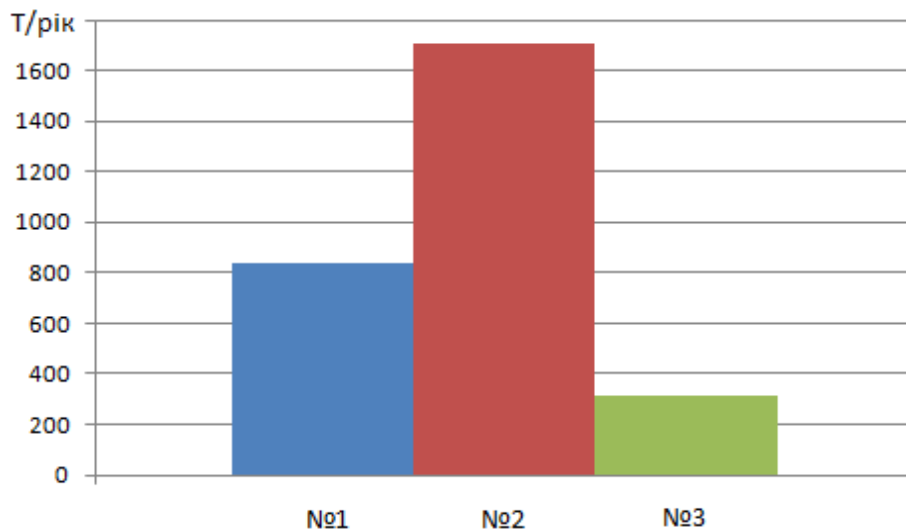


Рисунок 3.16 – Сумарна кількість викидів від усіх джерел забруднення при технологічних схемах №1-3

За рахунок часткової заміни автосамоскидів на конвеєр знизяться обсяги використання дизельного палива. За попередньою схемою використовувалось сім автосамоскидів з витратою дизельного палива 224 л на 100 км. На годину здійснювалось 24 ходки по 2 км кожна. Отже загальна відстань, яку проходив автотранспорт на рік становила –

$24 \cdot 2 \text{ км} \cdot 16 \text{ год/доба} \cdot 300 \text{ діб} = 230\,400 \text{ км}$. Витрата дизельного палива на цю відстань складає – 516096 л.

Після впровадження конвеєра кількість автотранспорту, необхідного для обслуговування дробарки, знизиться до двох машин. Кількість ходок становитиме 40, довжина ходки – 400 м. Загальна відстань, яку буде проходити автотранспорт на рік становитиме – $40 \cdot 0,4 \text{ км} \cdot 16 \text{ год/доба} \cdot 300 \text{ діб} = 76\,800 \text{ км}$. Витрата дизельного палива на цю відстань складатиме – 172 032 л.

Додатковий дохід за рахунок зменшення обсягів витрат на дизельне паливо становитиме:

$$20 \text{ грн/л} (516\,096 - 172\,032) = 6\,881\,280 \text{ грн.}$$

Кількість водіїв автотранспорту зменшиться з 7 чоловік до 2. Середня місячна зарплата водія складає 10 000 грн, що на рік становить 120 000 грн на одного працівника. Дохід за рахунок зменшення виплат заробітних плат складатиме:

$$120\,000 (7 - 2) = 600\,000 \text{ грн.}$$

Тоді, загальний річний додатковий дохід становитиме:

$$91\,981,9 + 6\,881\,280 + 600\,000 = 7\,553\,878,4 \text{ грн.}$$

Висновки

1. На основі порівняльного аналізу дробарних комплексів встановлено, що дробарка Metso Superior МК-II 54-75 має перевагу практично за всіма показниками при перевищенні вартості лише на 1,12%. Отже, для більш детального розгляду можливості введення в експлуатацію,

при впровадженні циклічно-поточної технології виробництва щебеню, яка передбачає розміщення дробарного устаткування в робочій зоні кар'єру, обрано дробарку Metso Superior МК-II 54-75.

2. Встановлено залежність продуктивності гіраційного дробарного обладнання від геометричної форми шматка гірської маси. Запропоновано об'єм шматків гірської маси неправильної форми визначати за допомогою рівняння Кассіні.

3. Згідно результатів розрахунків, більш доцільним з точки зору продуктивності є подрібнення в дробарці шматків геометричної форми наближеної до куба, оскільки вони більш щільно заповнюють простір бункеру дробарки у порівнянні із шматками лещадної чи голчастої форми, а саме $94,824$ з 95 м^3 при розмірі вхідного отвору дробарки $1,3$ м. Це дозволяє максимально повно використовувати можливості дробарки, а отже досягати ефективності її роботи до 99% .

4. Аналіз результатів розрахунку показав, що найменша кількість забруднюючих речовин утворюється при технологічній схемі №3 ($313,53$ т/рік у порівнянні з $847,76$ та $1706,16$ т/рік при технологічних схемах №1 та 2 відповідно). Річний додатковий дохід при впровадженні запропонованої технологічної схеми №3 становитиме $7\,553\,878,4$ грн. Отже, варіант із застосуванням на кар'єрі цієї технологічної схеми є найбільш доцільним та раціональним з-поміж існуючих.

5. Результати досліджень опубліковані в роботі [105].

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ КРУТОПОХИЛОГО КОНВЕЄРА У
ТЕХНОЛОГІЮ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ

4.1 Обґрунтування раціонального типу конвеєрного обладнання для удосконалення циклічно-поточної технології виробництва щебеню

Важливим питанням при підвищенні ефективності роботи гірничого підприємства є транспортування гірської маси. Це один з найбільш трудомістких процесів відкритих гірничих робіт, на частку якого припадає до 50% загальної собівартості видобутку 1 т. При роботі кар'єрного транспорту використовують два види енергії: теплову дизельного пального й електричну.

На долю автотранспорту в загальному обсязі перевезень гірської маси припадає більше 70%. Зі збільшенням парку і вантажопідйомності самоскидів цей показник буде зростати. При цьому зростуть витрати на транспортування. Витрати палива залежать від сукупності таких чинників, як відносна висота підйому гірської маси, відстань транспортування, технічний стан автосамоскида, якість дорожнього покриття і т.п. Вартість палива в Україні постійно зростає. Враховуючи вище наведене, найбільш перспективним можна вважати конвеєрний вид транспорту.

Енергетичні переваги конвеєрного транспорту очевидні, тому що коефіцієнт корисної дії складає 45%, у той час як для електровозного транспорту ККД – 18%, а для автомобільного – 14% [106]. Застосування конвеєрного транспорту дозволить зменшити викиди шкідливих речовин від спалювання дизельного палива, знизити запиленість робочої зони кар'єру та зменшить ризик виливання паливно-мастильних матеріалів.

Для проведення об'єктивного вибору типу конвеєра необхідно враховувати існуючі умови кар'єру, технічні та технологічні характеристики крутопохилих конвеєрів.

Опираючись на існуючі статті та наукові роботи [107, 108], можна зробити висновок, що основними критеріями вибору конвеєра є продуктивність, кут підйому, висота підйому та насипна щільність вантажу. Що стосується кар'єру Пинязевицького родовища гранітів, то його продуктивність становить 2000 т/год, кут відкосу – 37°, висота підйому – 108 м, насипна щільність – 1,57 т/м³.

На даний час у світі застосовуються наступні типи крутопохилих стрічкових конвеєрів:

- з рифленою стрічкою;
- з відкритою підвісною стрічкою;
- з підвісною стрічкою, що закривається;
- з рухомими роликоопорами;
- з нерухомими роликоопорами;
- з перегородками;
- елеваторного типу (з ковшами);
- трубчасті;
- з притискною стрічкою.

Існують конвеєри для малих висот підйому до 10...15 м (стаціонарні та пересувні установки, поодинокі конструкції для допоміжних і другорядних робіт), середніх – 30...50 м (поверхневі комплекси гірничих підприємств, перенавантажувальні вузли, наприклад, порти, залізничні станції і т.п.) і великих – до 500 м і більше (основні транспортні потоки глибоких кар'єрів).

Стрічкові конвеєри за максимальним кутом нахилу класифікують наступним чином:

- з невеликим кутом нахилу – 18-22° (звичайні горизонтальні і слабопохилі конвеєри з гладкою стрічкою);
- з середнім кутом нахилу – 22-30° (конвеєри з рифленою і підвісною стрічками, трубчасті);
- з великим кутом нахилу до 90° (конвеєри з притискною стрічкою, з перегородками, елеваторного типу).

Для даного кар'єру необхідний конвеєр для великих висот (більше 50 м) та з великим кутом нахилу (37°). Тобто, вибір зводиться до конвеєрів з перегородками, з притискною стрічкою та елеваторного типу.

Продуктивність та висота підйому конвеєрів з перегородками та елеваторного типу обмежені у зв'язку з конструктивними особливостями робочого органу: необхідно знижувати швидкість його руху для забезпечення максимального завантаження ковшів, а також у зв'язку з обмеженими допустимими напруженнями в стрічках шириною до 800 мм і обмеженою тяговою здатністю приводу. У місці завантаження конвеєра також потрібне допоміжне обладнання, призначене, в основному, для підбору просипу і для очищення ковшів. Ремонт, а також коригування параметрів конвеєра в процесі його роботи, особливо з новими стрічками, вкрай ускладнені і можуть вимагати відправку всього робочого органу назад на завод, що зупиняє весь технологічний процес. Необхідно відзначити, що конструкція робочого органу також накладає обмеження на область використання таких конвеєрів. Це головним чином пов'язано з очищенням ковшів від налиплої і намерзлої гірської маси, як і у конвеєрів з перегородками, що унеможлиблює їх використання на Пинязевицькому родовищі [109].

Тому найбільш доцільними є конвеєри з притискною стрічкою. Їх використання дозволяє поліпшити екологічну ситуацію на підприємствах та значно скоротити втрати гірської маси при переміщенні, зберегти її якість і зменшити на неї вплив навколишнього середовища. Порівняння крутопохилих конвеєрів наведено у табл. 4.1. Враховуючи необхідні характеристики конвеєра, для умов кар'єру обрано конвеєр КНК-270.

Розробниками доведено, що при порушенні вимог щодо експлуатації конвеєра його продуктивність та час придатності суттєво зменшується. Це призводить до пошкодження високовартісної стрічки та простоїв у роботі кар'єру.

Таблиця 4.1 – Порівняння крутопохилих конвеєрів

Параметр	Розмірність	КНК 30	КНК 270	Nordberg NC
Продуктивність	м ³ /год	2000	2000	2000
Швидкість транспортування	м/с	2,5	3,15	2,1
Насипна щільність	т/м ³	1,75	1,75	---
Висота перенавантаження	м	30	270	100
Довжина конвеєра	м	85	за замовл.	41
Крупність породи	мм	300	300	300
Кут підняття	град	40	37	37
Ширина стрічки	мм	2000	2000	1400
Встановлена потужність приводів	кВт	160X4	5040	---
Підведена напруга	кВт	6	6	90

4.2 Технологічні особливості КНК-270

При проектуванні транспортної системи Пинязевицького родовища виявилось, що найбільш перспективним є циклічно-поточний транспорт і що його економічна доцільність зростає зі збільшенням глибини кар'єру та обсягів перевезення у порівнянні з автомобільним. Перехід на такий транспорт часто стримується тим, що при розробці стратегії розвитку кар'єрів відсутнє орієнтування на застосування в перспективі циклічно-поточної технології і, як наслідок, виникають складнощі при розміщенні конвеєрних систем на сформованих укосах бортів.

Більш повна реалізація технологічних переваг циклічно-поточного транспорту досягається при використанні крутопохилого конвеєрного підйому, що дозволяє скоротити до мінімуму обсяги гірничо-капітальних робіт при підготовці траси на сформованих бортах кар'єра.

Слід зазначити, що роботи з розробки крутопохилого конвеєра були розпочаті ще в СРСР. Розробкою й дослідженнями крутопохилих конвеєрів займались УкрНІПроект, ВНІПТМАШ, МГГУ та інші організації. Виробництво крутопохилих конвеєрів з притискною стрічкою було розпочато в США і досі найбільших успіхів у цьому досягли зарубіжні

фахівці. Досвід експлуатації цих конвеєрів підтвердив в цілому їх ефективність.

Застосування крутопохилого конвеєра є практично єдиним економічно ефективним рішенням. Впровадження конвеєрів з притискною стрічкою дозволяє не лише знизити витрати на доставку гірської маси, зменшити собівартість готового продукту, але і поліпшити екологію кар'єрів [110].

Перевагами крутопохилого конвеєра КНК-270 є:

1) конвеєр встановлюється практично без додаткових гірничо-підготовчих робіт на вузькій смузі ділянки борта, що не стримує розвиток гірничих робіт по всьому контуру кар'єра, не вимагає прокладки спеціальних траншей або проходки стовбурів (у порівнянні з традиційними слабопохилими конвеєрами крутопохилий конвеєр займає на 25-50% менше площі робочого простору);

2) спільна паралельна робота двох стрічок збільшує їх результуючу міцність і тягову здатність приводів, що підвищує висоту підйому гірської маси одним ставом конвеєра без перенавантаження;

3) можливість подальшого нарощування глибини занурення поточної частини циклічно-поточного транспорту за допомогою установки ще одного конвеєра;

4) знижуються витрати на паливо, обсяги викидів шкідливих речовин, поліпшується стан навколишнього середовища та умови роботи працівників в кар'єрі при збереженні гнучкості транспортної системи;

5) знижуються втрати вантажу завдяки скороченню видування і просипу вантажу, поліпшується екологічна ситуація гірничого підприємства;

6) поточний транспорт простіше і надійніше автоматизується.

Схема запропонованого конвеєра КНК-270 представлена на рис. 4.1. Конвеєр встановлюється на дні кар'єру, звідки подрібнена гірська маса підіймається на поверхню.

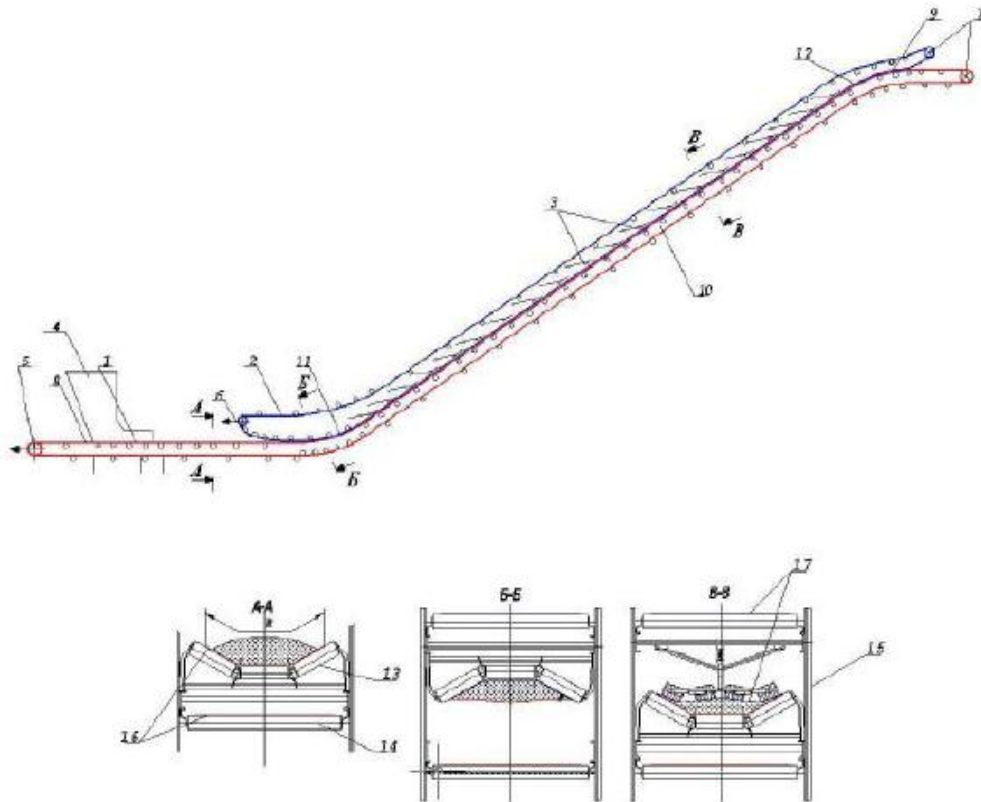


Рисунок 4.1. – Принципова схема КНК-270 з притисною стрічкою: 1 – контур вантажу; 2 – притисний контур; 3 – притисні модулі; 4 – завантажуючий пристрій; 5 – натяжний пристрій навантажувального контуру; 6 – натяжний пристрій притисного контуру; 7 – приводи для вантажного та притисного контурів; 8 – завантажувальна діляниця; 9 – перехід вантажу з крутопохилої частини на пологу ділянку; 10 – нижні ролюкоопори вантажного контуру; 15 – металоконструкція конвеєра; 16 – верхня та нижня гілки вантажного контуру; 17 – верхня та нижня гілки притисного контуру

Конвеєр КНК-270 має дві замкнуті стрічки: нижню вантажонесучу St 5400 і верхню притисну St 3500, робоча гілка якої притискає гірську масу, що транспортується, до робочої гілки вантажонесучої стрічки. Притисна стрічка на крутопохилій частині конвеєра розташовується над вантажонесучою стрічкою. Умовно КНК-270 можна розділити на три частини (рис 4.2): завантажувальну (пологу) А, крутопохилу В і розвантажувальну С (горизонтальну). Крутопохила частина з'єднується з

завантажувальною та розвантажувальною частинами плавними перехідними ділянками D і E.

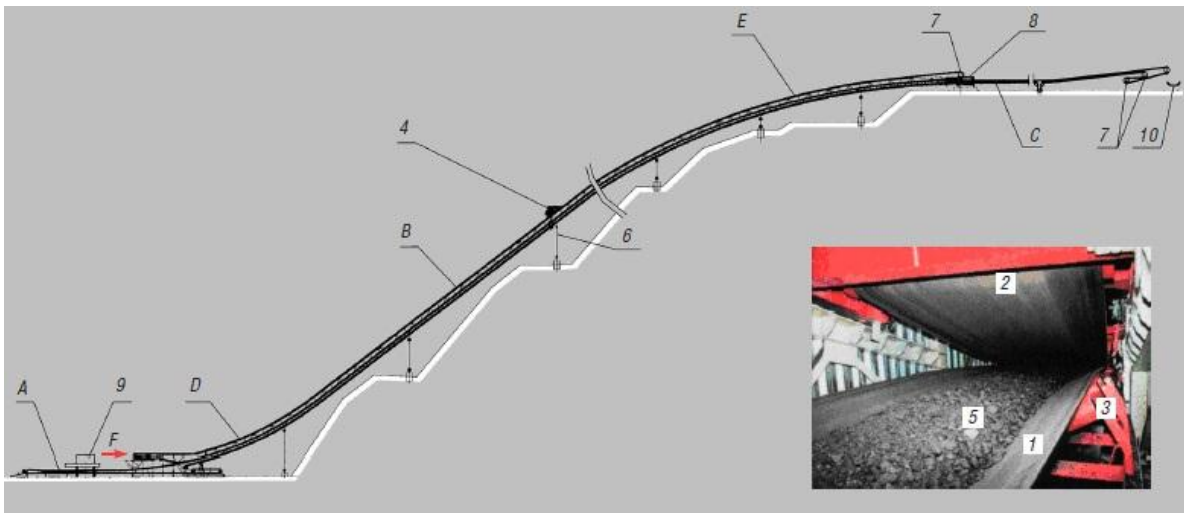


Рисунок 4.2 – Схема крутопохилого конвеєра з притискною стрічкою КНК-270: А – завантажувальна частина; В – крутопохила частина; С – розвантажувальна частина; D, E – нижня і верхня перехідні частини; 1 – вантажонесуча стрічка; 2 – притискна стрічка; 3 – ролікоопори; 4 – ремонтний візок; 5 – вантаж; 6 – опірні стійки; 7 – привідні барабани; 8 – якірна секція; 9 – завантажуючий пристрій; 10 – складський конвеєр

Обидві стрічки (вантажонесуча і притискна) рухаються по роликів опорам як у звичайних стрічкових конвеєрів. Відмінність полягає в тому, що робоча гілка притискної стрічки притискається до вантажу, що транспортується на вантажонесучій стрічці катками притискних пристроїв, а по краях – безпосередньо до поверхні цієї стрічки. На крутопохилій частині конвеєра встановлені спеціальні притискні пристрої, що створюють додаткове до сил притискної стрічки і вантажу притискне зусилля.

Це дозволяє забезпечити притиснення вантажу до вантажонесучої стрічки і збільшити сили тертя між вантажем і робочими поверхнями притискної і вантажонесучої стрічок. Схема крутопохилого конвеєра з притискною стрічкою КНК-270 зображена на рис. 4.2.

Збільшені сили тертя утримують вантаж між стрічками від його ковзання вниз по крутопохилій частині конвеєра при кутах транспортування понад 18° . Як відомо, цей кут є граничним кутом нахилу для звичайних однострічкових конвеєрів.

Конструктивно КНК-270 обладнаний роликми, оснащеними храповим механізмом, який дозволяє їм обертатися лише в одному напрямку, що сприяє зупиненню стрічки при сповзанні в разі її обриву. Окрім того, на конвеєрі передбачено пристрій, що вловлює холосту гілку вантажонесучої стрічки.

Привід вантажонесучої стрічки – двохбарабанний, притискної стрічки – однобарабанний. Приводи оснащені футерованими барабанами, редукторами з передавальним відношенням 20:63, асинхронними уніфікованими електродвигунами АКЗ-13-62-8 і УХЛ4 і дозволяють розвивати в стрічках значні тягові зусилля. Приводи забезпечені гальмами ТКП-600.

У завантажувальній частині конвеєра розташовані механізми натягу вантажонесучої і притискної стрічок, передбачені ділянки для стикування стрічок при їх навішуванні. Металоконструкція ставу крутопохилої частини КНК-270 складається з шарнірно з'єднаних секцій, що спираються на стійки, встановлені на підступах кар'єру. Став конвеєра крутопохилої частини включає десять уніфікованих секцій довжиною 51 м кожна і укорочені перехідні секції. Опорні стійки става з'єднані шарнірами з його секціями та опорними елементами.

У завантажувальній частині став крутопохилого конвеєра має зігнуту у вертикальній площині опорну ділянку, що складається з коротких секцій і утворює нижню перехідну ділянку конвеєра. Ця ділянка металоконструкції става опирається на катки спеціальної опорної стійки, що забезпечує йому можливість вільно зміщуватися в повздовжньому напрямку при зміні температурних та інших умов експлуатації конвеєра.

У верхній частині крутопохилого конвеєра є якірна секція, розміщена на борту кар'єру. Цією секцією утримується вся крутопохила частина

конвеєра від ковзання вниз. У якірній секції також розташований привід притискної стрічки.

Для зручності обслуговування і ремонту КНК-270 забезпечений ремонтним візком з вантажопідйомними механізмами і механічним приводом для його пересування. Окрім того, для поточних оглядів конвеєр обладнано ліфтовою установкою для переміщення обслуговуючого персоналу по крутопохилій частині конвеєра.

Борт на ділянці розміщення КНК-270 досить стійкий, можливість виникнення значних деформацій, здатних призвести до аварійних ситуацій, практично відсутня, а конструкція фундаментів під опори знижує ймовірність локальних обвалів укосів уступів. Коефіцієнти запасу стійкості гірських масивів від додаткового навантаження крутопохилим конвеєром складають 1,3-1,95.

Крутопохилий конвеєр КНК-270 обладнаний всім необхідним для досягнення максимальної ефективності процесу транспортування гірської маси, конструкція конвеєра має високу надійність і задовільняє умовам експлуатації в кар'єрі.

4.3 Дослідження напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра

Стрічки крутопохилого конвеєра з притискною стрічкою перебувають у складному напружено-деформованому стані. На деяких ділянках конвеєра вони піддаються значним деформаціям і відчують по ширині і товщині різні напруження не лише за величиною, а й за знаком.

Це стосується, головним чином, перехідних криволінійних ділянок траси, де стрічки згинаються у горизонтальній і вертикальній площинах одночасно, і крутопохилій лінійній частині, на якій розтягнуті стрічки піддаються додатковим зусиллям від притискних модулів. Як результат, стрічка не може сприймати навіть незначні стискаючі зусилля. Вони

викликають втрату стійкості її форми, утворення складок, розшарування прокладок і, як наслідок, різке зниження терміну її служби.

Варіюванням в невеликих межах параметрами конвеєра (натягуванням стрічки, відстанню між роликоопорами, збільшенням зусилля притискних модулів та ін.) можна виключити надмірну деформацію елементів стрічки та її перенапруження.

Для дослідження напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра застосовано програмний комплекс Solid Works, в основу якого покладено метод скінченних елементів. В якості вихідних даних приймалися геометричні параметри кар'єру, технічні та технологічні параметри конвеєра КНК-270 продуктивністю 2000 т/год, фізико-механічні властивості стрічки (табл. 4.2), а також зовнішні навантаження на стрічку. При моделюванні встановлено залежність напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра (кут нахилу 37°) від її завантаження (в діапазоні 50-100%) та оцінено його вплив на стабільну роботу стрічки.

Таблиця 4.2 – Фізико-механічні властивості гумо-тросової стрічки конвеєра

Параметр	Значення	Одиниці виміру
Коефіцієнт Пуассона	0,49	-
Модуль зсуву	2900000	Н/м ²
Щільність	1750	кг/м ³
Межа міцності на розтяг	13787100	Н/м ²
Межа плинності	9237370	Н/м ²
Коефіцієнт теплового розширення	0,00067	1/К
Теплопровідність	0,14	Вт/(м·К)

Аналіз напружено-деформованого стану стрічки конвеєра показав, що напруження за Мізесом змінюються по ширині стрічки, а їх величина в одній і тій же точці змінюється в залежності від навантаження стрічки (рис. 4.3). З рис. 4.4 видно, що максимальні напруження при навантаженні

стрічки виникають не в зоні розташування вантажу, а на її краях, що характеризує цю зону як небезпечну в плані максимальних навантажень.

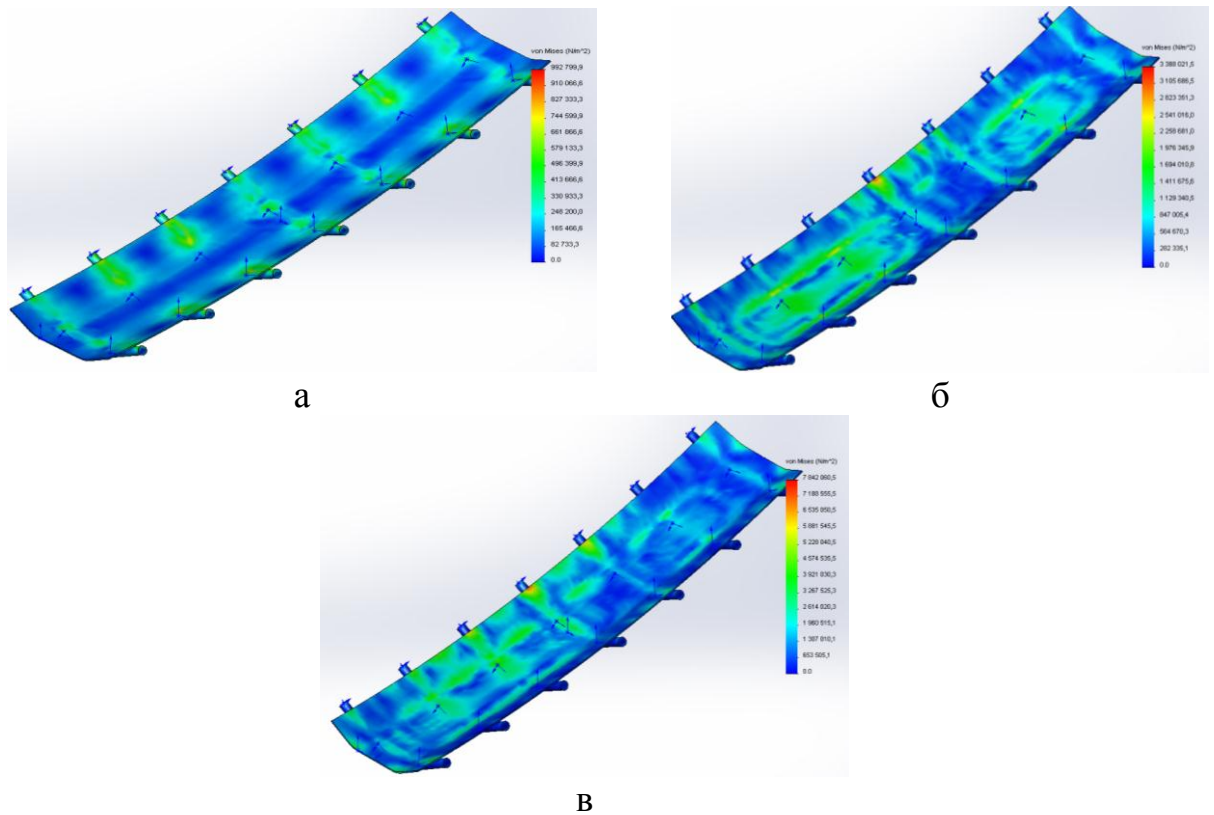


Рисунок 4.3 – Поля напружень за Мізесом по ширині стрічки крутопохилого конвеєра при: а – 50% навантаженні; б – 75% навантаженні; в – 100% навантаженні

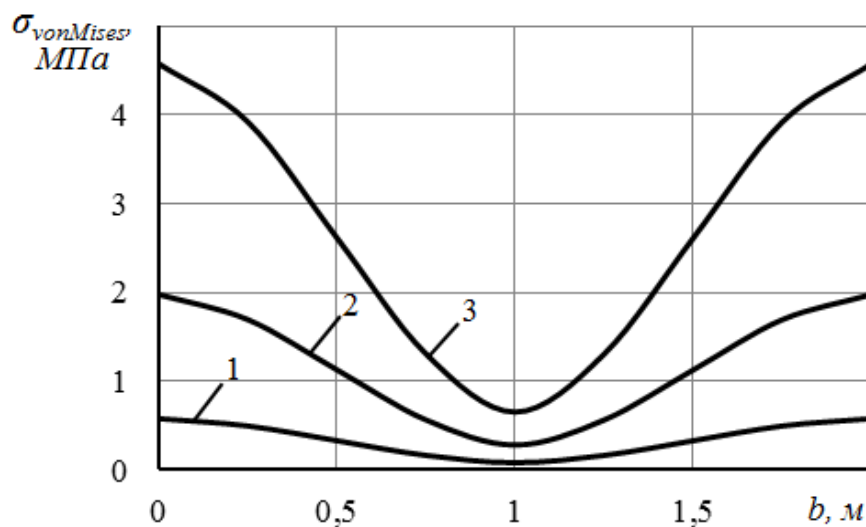


Рисунок 4.4 – Зміна величини напруження за Мізесом по ширині стрічки крутопохилого конвеєра при: 1 – 50% навантаженні; 2 – 75% навантаженні; 3 – 100% навантаженні

Так, при 50% навантаженні стрічки крутопохилого конвеєра на краях стрічки напруження за Мізесом складають 0,6 МПа, а при 100% навантаженні – 4,5 МПа. В зоні розташування вантажу такі напруження при 50% навантаженні становлять 0,1 МПа, а при 100% – 0,65 МПа. Як видно з рис. 4.4, величина напружень за Мізесом по ширині стрічки змінюється від центру з наростаючою інтенсивністю і для 50% навантаження різниця напружень на краях і в центрі становить 0,5 МПа, а для 100% навантаження – 3,85 МПа.

Пластичний матеріал починає пошкоджуватись у місцях, де напруження за Мізесом стає рівним граничному напруженню. У більшості випадків межа плинності використовується в якості граничного напруження. Так як при будь-якому з розглянутих навантажень $\sigma_{\text{vonMises}} < \sigma_{\text{гранич}}$, то можна стверджувати, що в діапазоні вказаних навантажень стабільна робота стрічки буде повністю забезпечена (рис. 4.4).

В роботі встановлено залежності величини деформації краю стрічки від її натягу (рис. 4.5-4.6). Отримані залежності дозволяють зробити висновок, що зі зростанням навантаження стрічки конвеєра до максимально допустимих значень, згідно технічних характеристик, при збільшенні натягу стрічки, деформації краю стрічки по товщині (осі Z) зростають від 0,0008 (при 50% навантаженні та $F_H=25$ кН) до 0,0038 (при 100% навантаженні та $F_H=50$ кН), проте знаходяться в допустимих межах (0,005) для такого типу стрічок (рис. 4.5).

Деформації краю стрічки по ширині (рис. 4.6) при збільшенні навантаження до 100% та збільшенні натягу стрічки від 25 до 50 кН мають від'ємне значення і змінюються при $F_H=25$ кН від -0,0066 (при 50% навантаженні) до -0,009 (при 100% навантаженні) та при $F_H=50$ кН – від -0,0035 (при 50% навантаженні) до -0,0045 (при 100% навантаженні). Від'ємний характер деформацій при вказаних розрахунках показує, що це деформації стиснення.

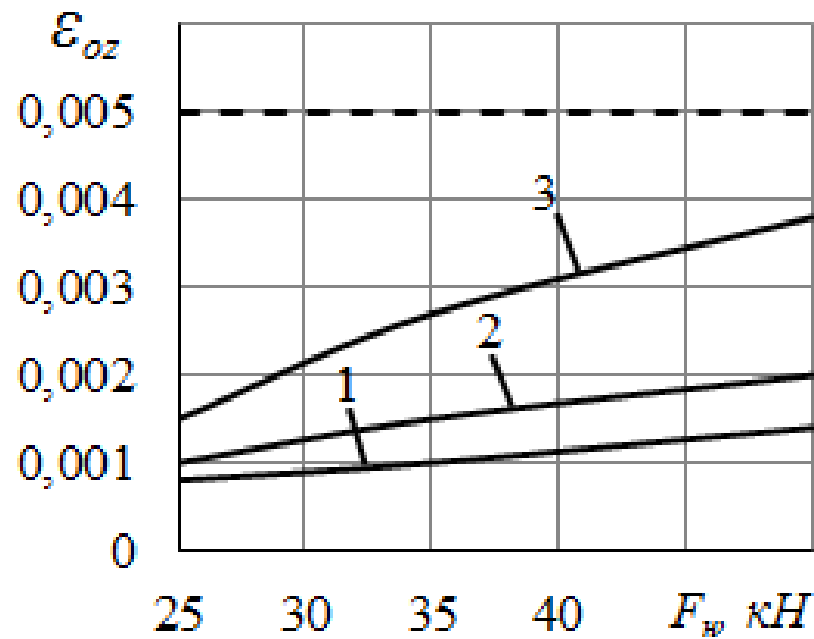


Рисунок 4.5 – Залежність величини деформації краю стрічки по осі Z від сили натягу стрічки конвеєра при: 1 – 50% навантаженні; 2 – 75% навантаженні; 3 – 100% навантаженні

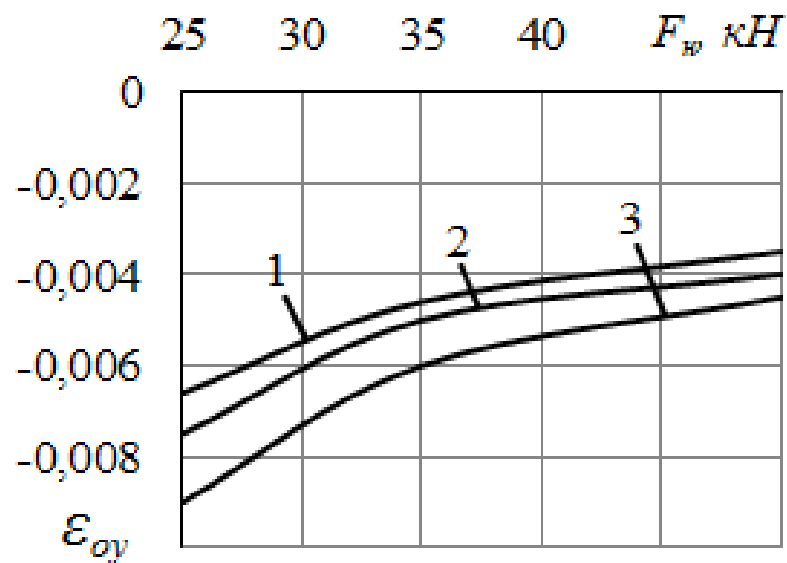


Рисунок 4.6 – Залежність величини деформації краю стрічки по осі Y від сили натягу стрічки конвеєра при: 1 – 50% навантаженні; 2 – 75% навантаженні; 3 – 100% навантаженні

Враховуючи те, що вантажонесуча стрічка крутопохилого конвеєра під час транспортування гірської маси перебуває у складному напружено-

деформованому стані і може при недотриманні експлуатаційних вимог, а також при неправильному врахуванні умов експлуатації конвеєра на кар'єрі, спричинювати нестабільну поведінку під час руху, прослизання, зхід з роликоопор, втрату стійкості форми, утворення складок, розшарування прокладок і т.п., а як результат призводити до переходу від циклічно-поточної до циклічної технології на тривалий час ремонту, було проведено дослідження напружено-деформованого стану стрічки конвеєра.

Аналіз отриманих залежностей показав, що при зміні навантаження стрічки конвеєра КНК-270, яка транспортує роздроблену гранітну породу в умовах ПАТ «Малинський каменедробильний завод», в діапазоні 50-100% та зміні зусилля натягу від 25 до 50 кН величини деформацій по ширині і товщині стрічки на її краях знаходяться в допустимих межах. При будь-якому з розглянутих навантажень величина напружень за Мізесом менша величини граничного напруження, що повністю забезпечує стабільну роботу стрічки і гарантує реалізацію розробленої циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах.

4.4 Розрахунок еколого-економічної ефективності впровадження дробарки Metso Superior МК-II 54-75 у поєднанні з крутопохилим конвеєром КНК-270

Для розрахунку еколого-економічної ефективності впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню на ПАТ «Малинський каменедробильний завод» використано величину одноразових капіталовкладень, які необхідно здійснити для закупівлі дробарки Metso Superior МК-II 54-75 та конвеєра КНК-270. Така величина складає 110 000 000 грн.

Експлуатаційні витрати при цьому формуються за рахунок використання електроенергії дробарним устаткуванням та крутопохилим конвеєром. Потужність дробарного устаткування Metso Superior МК-II 54-75

становить 450 кВт, а конвеєра КНК-270 – 1200 кВт, конвеєр і дробарка працюють 16 годин на добу, 300 діб на рік.

Згідно тарифів на використання електричної енергії, вартість 1 кВт·год становить для промислового підприємства 1,4906 грн. Таким чином, щорічні експлуатаційні витрати на забезпечення електроенергією дробарного обладнання в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром становитимуть:

$$C = 1,4906 \text{ грн} \cdot 1650 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 16 \text{ год} \cdot 300 \text{ діб} = 11\,805\,552 \text{ грн.}$$

Розмір еколого-економічного ефекту впровадження запропонованої технології за перший рік становитиме:

$$E_n = 19\,595\,155,4 - (11\,805\,552 + 0,15 \cdot 110\,000\,000) = -8\,710\,396,6 \text{ грн.}$$

Еколого-економічний ефект за наступні роки:

$$E_n = 19\,595\,155,4 - 11\,805\,552 = 7\,789\,603,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності розраховується за формулою:

$$T = \frac{IC}{P}, \quad (4.1)$$

де T – термін окупності;

IC – первісні інвестиції у проект, грн;

P – очікуваний щорічний прибуток, що планується (сумарний грошовий потік, або чистий грошовий потік). Очікуваний щорічний прибуток буде дорівнювати різниці між доходом від впровадження нового устаткування та експлуатаційними витратами.

$$T = \frac{110000000}{19595155,4 - 11805552} \approx 14 \text{ років}$$

У зв'язку з неможливістю спрогнозувати ціновий ринок щебеню на період до 10 років, термін окупності розраховано без врахування прибутку від реалізації щебеню, а лише з урахуванням додаткового доходу від зниження витрат на проведення буропідливних робіт, в тому числі зменшення кількості використання вибухової речовини, зниження витрат на вторинне дроблення негабариту, а також зменшення величини екологічного податку. Враховуючи, що підприємство наростить об'єми виробництва, термін окупності буде меншим 14 років більш ніж у 1,5 рази.

Висновки

1. Аналіз транспортного обладнання виявив, що раціональним для умов Пинязевецького родовища гранітів є конвеєрний транспорт, використання якого дозволяє поліпшити екологічну ситуацію на підприємстві та значно скоротити втрати гірської маси при переміщеннях, зберегти її якість і зменшити вплив на навколишнє середовище в порівнянні з автомобільним транспортом. Після порівняльного аналізу типів та конструкцій конвеєрів для впровадження у технологічний комплекс обрано крутопохилий конвеєр типу КНК-270, як більш доцільний.

2. Аналіз напружено-деформованого стану стрічки конвеєра показав, що напруження за Мізесом змінюються по ширині стрічки, а їх величина в одній і тій же точці змінюється в залежності від навантаження стрічки. Максимальне значення напруження спостерігається на краях стрічки і становить при 100% навантаженні 4,5 МПа.

3. Встановлено залежності величини деформації краю стрічки від її натягу при зміні навантаження від 50 до 100%. Отримані залежності

показують, що зі зростанням навантаження стрічки конвеєра до максимально допустимих значень, згідно технічних характеристик, при збільшенні натягу стрічки, деформації краю стрічки по товщині (осі Z) зростають від 0,0008 (при 50% навантаженні та $F_n=25$ кН) до 0,0038 (при 100% навантаженні та $F_n=50$ кН), проте знаходяться в допустимих межах (0,005) для такого типу стрічок.

4. Розмір еколого-економічного ефекту впровадження запропонованої технології за перший рік становитиме -8 710 396,6 грн, а за наступні роки 7 789 603,4 грн. Економія від переходу на розроблену циклічно-поточну технологію виробництва щебеню складатиме 19 595 155,4 грн.

РОЗДІЛ 5

РЕАЛІЗАЦІЯ В ПРОМИСЛОВИХ УМОВАХ ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ5.1 Характеристика промислових умов та існуючої технології
виробництва щебеню

Приватне акціонерне товариство «Пинязевицький кар'єр» розробляє Пинязевицьке – II родовище гранітів площею 33 га. Знаходиться кар'єр в 3 кілометрах на північний захід від станції Пинязевичі південно-східної залізниці та в 0,8 км від смт. Гранітне Житомирської області [72].

Кристалічні породи Пинязевицького родовища представлені рапаківіподібними гранітами, лабрадоритами і габро-анортозитами. Граніти родовища мають наступні фізико-механічні властивості: межа міцності становить 1400 кгс/см.кв., щільність справжня – 2,7 г/см.куб., щільність середня – 2,65 г/см.куб., пористість – 1,51%, водопоглинання – 0,21%; морозостійкість – МРЗ-300. За даними лабораторних досліджень середня сумарна питома активність природних радіонуклідів родовища становить до 200 Бк/кг, що відносить його до першого класу, дозволяючи використовувати отримані будівельні матеріали без обмежень для всіх видів будівництва.

На даний час Пинязевицький кар'єр – потужне підприємство, яке випускає 1 140 000 кубічних метрів фракційного щебеню на рік. Основна продукція – щебінь фракцій 0-40, 0-70, 5-10, 5-20, 10-20, 20-40, 25-60, 40-70, будівельний камінь (рис. 5.1). Щебінь, який виробляє підприємство, має низьку лещадність (до 15-18%), високу морозостійкість від 300 циклів, міцність 1200-1400 кг/см² і відноситься до першого класу по радіоактивності (до 170 бекерелів) (табл. 5.1). Продукція ПАТ «Малинський каменедробильний завод», яка випускається з роздробленої на Пинязевицькому родовищі гірської маси має високий ступінь змочуваності з бітумом, вона — ідеальний

матеріал для виготовлення дорожнього полотна, збільшує термін його експлуатації.



Рисунок 5.1 – Виготовлений ПАТ «Малинський каменедробильний завод» щебінь фракцій: 40-70, 25-60, 20-40, 5-20, 5-10 і 2-5

Уже сьогодні щебінь ТОВ «Юнігран» (його виробництво становить близько 70% у загальному обсязі продукції) відповідає високим стандартам якості, санітарно-епідеміологічним нормам, він придатний для використання

у всіх видах будівництва. «Юнігранівський» щебінь кубовидної категорії є найбільш міцним та морозостійким, без домішок глини й інших матеріалів, що забезпечує щільність, надійність і довготривалий термін служби дорожнього покриття. А його найдрібніша фракція – гранітна крихта – використовується як оздоблюваний декор, матеріал для відсипання спортивних майданчиків та ландшафтних робіт на присадибних ділянках.

Таблиця 5.1 – Основні фізико-механічні властивості щебеню [72]

Властивості	Значення показника
Вміст зерен пластинчастої (лещадної) та голчастої форми, %	14-15
Вміст пилоподібних та глинистих частинок, %	0,7-0,8
Марка за міцністю	1400
Морозостійкість, МРЗ	300

Невипадково саме малинському щебеню віддали перевагу вітчизняні й інші компанії під час будівництва нового безпечного конфайнменту (відомого як об'єкт «Укриття») для Чорнобильської АЕС, Бориспільської траси — єдиної дороги в Україні, що відповідає європейським стандартам, сховища Центробанку Російської Федерації, Охотного ряду та Храму Христа Спасителя в Москві, інших об'єктів у Польщі, Литві, Росії та Білорусі.

Підготовка скельних порід до видобутку на Пинязевицькому кар'єрі проводиться буропідривним способом із залученням до бурових робіт установок Atlas Copco ROC-L8, ROC-L6H із засобами доставки до місця робіт і мобільними житловими вагончиками для технічного персоналу (рис. 5.2).



Рисунок 5.2 – Бурова установка ROC-L6H

Підривні роботи проводяться з використанням високоефективної емульсійної вибухівки Гранеміт-І-30-У. З метою забезпечення повного циклу робіт і послуг, підприємство побудувало завод з виробництва компонентів емульсійних вибухових речовин, закупило парк змішувально-зарядних машин фірми TREAD CORPORATION (рис. 5.3) – лідера на ринку подібного обладнання. Саме ці чинники дозволили підняти на більш високий рівень якість послуг з ведення буропідричних робіт.



Рисунок 5.3 – Змішувально-зарядна машина TREAD CORPORATION

Маючи у своєму розпорядженні власну високоенергетичну вибухову речовину – «Гранеміт» [111], знаючи заздалегідь його характеристики, фахівці ТОВ «Юнігран-Сервіс» спільно з технічним персоналом ВАТ «Укрвибухбуд» і Малинського КДЗ експериментальним шляхом визначили і впровадили у виробництво оптимальні параметри ведення буропідривних робіт. Максимальне використання можливостей сучасного бурового обладнання та енергетичного потенціалу «Гранеміта», грамотне управління вибухами за допомогою сучасних неелектричних систем ініціювання та індивідуальний підхід до кожного вибуху принесли значні результати.

Сировина, яка застосовується для виготовлення «Гранеміту»:

- селітра аміачна або селітра аміачна пориста;
- паливо дизельне марки;
- емульсія пореміту марки;
- газогенеруюча добавка.

Компонентний склад «Гранеміту» і його основні фізико-хімічні й вибухові характеристики наведено в табл. 5.2.

Технологічний процес виготовлення «Гранеміту» складається з наступних основних стадій:

- приготування емульсії і її завантаження в зарядно-змішувальні машини;
- приготування газогенеруючої добавки і завантаження її в зарядно-змішувальні машини;
- завантаження селітри аміачної і палива дизельного в зарядно-змішувальні машини;
- виготовлення «Гранеміту» в зарядно-змішувальних машинах.

Видобуток і вантаження сировини в самоскиди БелАЗ здійснюється за допомогою екскаваторів ЕКГ-5, ЕКГ-4, 6, навантажувачів Volvo, CAT 998 G (рис. 5.4). Негабаритні блоки розбиваються гідромолотом RAMMER – G80, G90 (рис. 5.5) [72].

Таблиця 5.2 – Компонентний склад та характеристики «Гранеміту» [111]

Найменування характеристики	Значення
Зовнішній вигляд	Пластична речовина від світло-жовтого до темно-коричневого кольору з включенням гранул білого або світло-жовтого кольору
Масова доля компонентів, %	
селітра аміачна	25-35
паливо дизельне	0-1,65
емульсія пореміту марки АН-У	70±5
ГГД (поверх 100%)	0,5-2,0
<i>Розрахункові</i>	
Теплота вибуху, МДж/кг (ккал/кг)	3,35 (800)
Питомий об'єм газоподібних продуктів вибуху, л/кг	930
Кисневий баланс, %	мінус 0,6
Тротиловий еквівалент по теплоті вибуху	0,8
Концентрація енергії при щільності 1,3 г/см ³ , МДж/дм (ккал/дм ³)	4,36 (1040)
Об'єм отруйних газів, які виділяються при вибуху (в перерахунку на умовний окис вуглецю), л/кг	35-40
<i>Експериментальні</i>	
Водостійкість: маса аміачної і натрієвої селітр, які перейшли у розчин з площі поверхні контакту вибухової речовини з водою, кг/м ² , не більше ніж за 24 год	0,01
Щільність заряджання Гранеміту, г/см ³	1,15-1,35
Швидкість детонації в сталевій трубі 57×3 ГОСТ 8732 при щільності 1,15-1,25 г/см ³ і ініціюванні заряду від проміжного детонатора масою не менше 100 г, м/с	4400-4600
Критичний діаметр детонації в поліетиленові оболонці, мм	60
Чутливість до удару по ГОСТ 4545: нижня межа, мм	більше 500
частота вибухів, %	4
Чутливість до тертя на приладі К-44-3: Нижня межа, МПа (кгс/см ²)	900 (9000)

Гірську масу самоскиди БелаА3 транспортують до приймального бункера дробарного цеху (рис. 5.6). З живильника 1-18 гірська маса потрапляє на первинне подрібнення (дробарка СМД -118). Після подрібнення фракція 0-180 мм подається на дробарку вторинного подрібнення (дробарки КСД-2200) [72].



Рисунок 5.4 – Навантажувач CAT 998 G і автосамоскид БелАЗ



Рисунок 5.5 – Гідромолот RAMMER-G80 на базі Volvo

Продукт вторинного подрібнення – фракція 0-120 мм – потрапляє на гуркіт Гіл -52 № 1-2, де збирається і переправляється на склад продукція 25-65; 20-40; 5-20. Щебінь більше 65 мм надходить на третинне подрібнення (дві дробарки НР-500, КМД-2200). За допомогою чотирьох гуркотів Гіл-52 відбираються фракції 20-40, 0-20, а щебінь більше 40 мм повертається на дробарки повторно.



Рисунок 5.6 – Приймальний бункер дробарного цеху

Суміш 0-20 надходить на чотири гуркоти Гіл-52, де відбираються фракції 10-20, 5-10, 0-5. Вся продукція за допомогою конвеєрів надходить на відкритий склад готової продукції. Надалі вантажний цех з допомогою конвеєрів і екскаваторів відвантажує щебінь у вагони.

5.2 Промислова перевірка циклічно-поточної технології виробництва щебеню в умовах ПАТ «Малинський каменедробильний завод»

На сучасному етапі розвитку техніки відкритих гірничих робіт реальним і перспективним є перехід від циклічних схем гірничого виробництва до циклічно-поточної технології при розробці скельних порід. Циклічно-поточна технологія розглядається як перехідний етап при впровадженні безперервно-поточних схем на кар'єрах (табл. 5.3) [51]. Питання поточної технології розробки скельної гірської маси є однією з найважливіших проблем в області відкритих гірничих робіт, успішне вирішення якої дозволить внести докорінні зміни в процес видобутку корисних копалин.

Циклічно-поточна технологія – форма організації виробництва, при якій в єдиному технологічному потоці гірничого підприємства одні процеси

Таблиця 5.3 – Класифікація технологічних схем поточного виробництва при розробці скельних порід

Спосіб виробництва	Група технологічних схем	Принцип підготовки гірської маси для потоку	Номер технологічної схеми	Принцип створення і формування потоку	Основне обладнання
Циклічно-поточний	I	Розпушування в масиві і гуркотіння на напівстаціонарному і стаціонарному устаткуванні	1	Безперервний транспорт з проміжною транспортною ланкою циклічної дії	Екскатор+автомобіль (залізнодорожний склад)+напівстаціонарне (стаціонарне) грохотильне устаткування+конвеєри+відвальна машина
		Розпушування в масиві і подрібнення на напівстаціонарному і стаціонарному устаткуванні	2		Екскатор+автомобіль (залізнодорожний склад)+напівстаціонарне (стаціонарне) дробарне устаткування+конвеєри+відвальна машина
	II	Розпушування в масиві і гуркотіння на пересувних (мобільних) агрегатах	1	Безперервний транспорт без проміжної ланки циклічної дії	Екскатор+перенавантажувачі+пересувний (мобільний) грохотильний агрегат+конвеєри+відвальна машина
		Розпушування в масиві і подрібнення на пересувних (мобільних) агрегатах	2		Екскатор+перенавантажувачі+пересувний (мобільний) дробарний агрегат+конвеєри+відвальна машина
Безперервно-поточний	III	Руйнування в масиві до виїмки	1	Безперервна виїмка, навантаження і транспорт	Навантажувач безперервної дії+конвеєри+відвальна машина
		Руйнування в масиві в процесі виїмки	2		Саморуйнуючий масив навантажувач безперервної дії+конвеєри+відвальна машина

виконуються в циклічному, інші – в безперервному режимах. Використання циклічно-поточної технології, як правило, має на увазі застосування поточного (безперервного) конвеєрного транспорту для переміщення гірських порід в технологічному потоці в поєднанні з циклічними буропідливними роботами і циклічно діючими одноковшовими екскаваторами або навантажувачами в забої, які здійснюють навантаження підірваної гірської маси на конвеєр або (частіше) в бункер дробарки або гуркоту.

Об'єктивними передумовами впровадження циклічно-поточної технології є, з одного боку, досягнуті за останній час успіхи в області буропідливних робіт і розвиток дробарного устаткування та конвеєрного транспорту – з іншого. Саме впровадження у виробництво нового високопродуктивного бурового устаткування Atlas Copco, перехід на застосування емульсійних вибухових речовин і неелектричних систем ініціювання дало новий потужний поштовх для розвитку вибухової справи, дозволило значно наростити обсяги виробництва, підвищити якість робіт, знизити до мінімуму вихід некондиційних і негабаритних фракцій гірської маси, знизити собівартість робіт, в цілому підняти культуру виробництва та промислової безпеки до рівня європейських стандартів та розпочати перехід до циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах.

Для реалізації циклічно-поточної технології в умовах ПАТ «Малинський каменедробильний завод» проектними роботами вирішено розташувати крутопохилий стрічковий конвеєр з притисочною стрічкою на неробочому борту кар'єра у напрямку розташування дробарно-сортувального заводу (рис. 5.7) [112]. При цьому нижня частина конвеєра починається з нижнього горизонту. Кут нахилу робочої гілки конвеєра складає 37° . Розташування гіраційної дробарки марки Metso Superior MK-II 54-75 має бути таким, щоб розвантаження готової продукції через проміжну конвеєрну живильну стрічку здійснювалось на нижню частину магістрального конвеєра

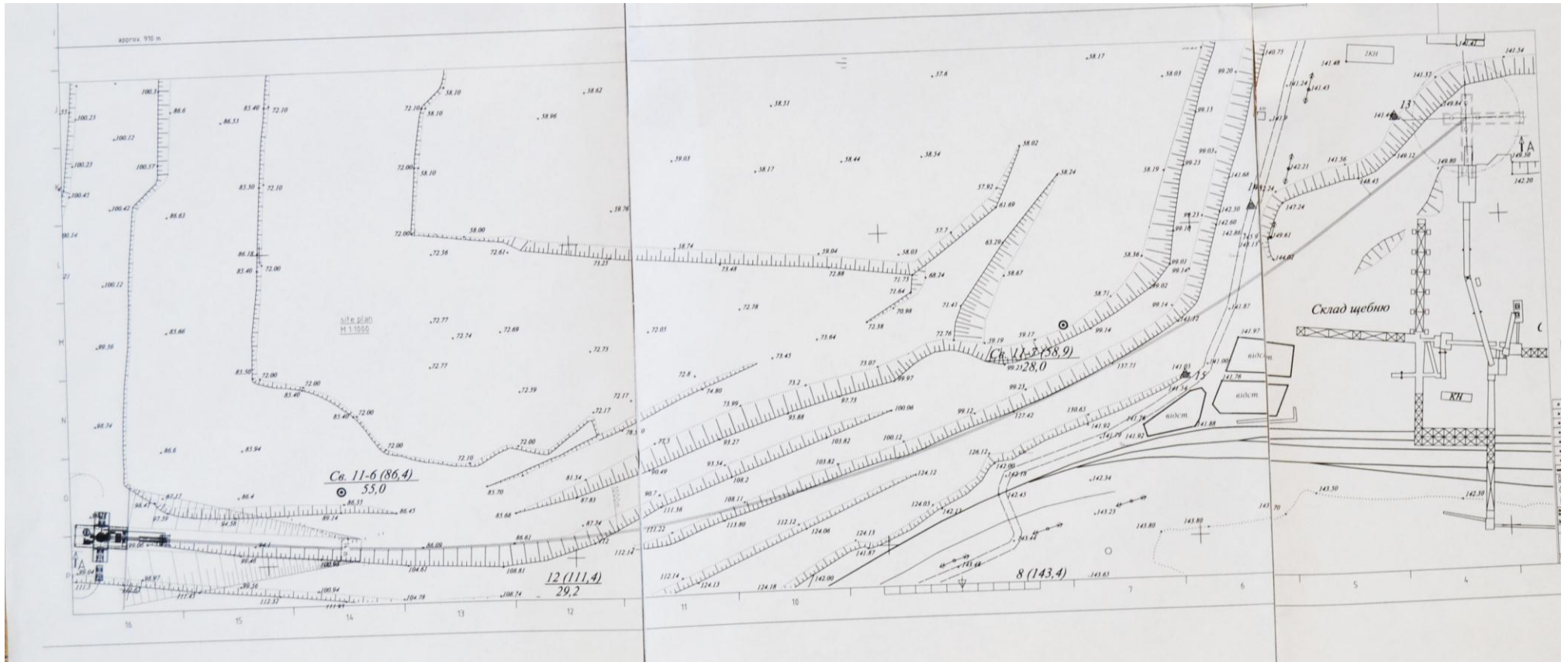


Рисунок 5.7 – Ескіз розташування крутопохилого конвеєра та дробарки на неробочому борту кар'єра ПАТ «Малинський каменедробильний завод»

КНК-270. Враховуючи геометричні розміри дробарки для здійснення завантаження та підготовки під'їзних пантусів прийнято технологічне рішення розміщення її на двох спеціально спарених уступах.

Циклічно-поточна технологія виробництва щебеню на гранітних кар'єрах включає наступні технологічні процеси: буропідривні роботи, подрібнення негабаритної фракції, транспортування гірської маси автосамоскидами до дробарки первинного подрібнення в робочій зоні кар'єру, первинне подрібнення в гіраційній дробарці та транспортування подрібненої гірської маси з дробарки первинного подрібнення до дробарок вторинного подрібнення (на дробарно-сортувальний завод) крутопохилим конвеєром КНК-270 (рис. 5.8).

Буропідривні роботи пропонується проводити за розширеною мережею свердловин, яка забезпечить фракційний склад гірської маси (розмір негабариту більше – 1300 мм, вихід негабариту – менше 8%), що відповідає технологічним можливостям високопродуктивного дробарного обладнання первинного подрібнення [113, 114].

Високопродуктивне дробарне обладнання являє собою гіраційну дробарку первинного подрібнення з продуктивністю до 2000 т/год, розташовану на двох спарених уступах кар'єру із двостороннім завантаженням гірської маси автосамоскидами. Подрібнення гірської маси здійснюється до фракції 125-130 мм, після чого завантажується на крутопохилий конвеєр. Подрібнена гірська маса транспортується за межі кар'єру для вторинного подрібнення та подальшої переробки на дробарно-сортувальний завод.

Особливістю технології в сучасних ринкових умовах є те, що за необхідності можливе різке збільшення продуктивності від мінімально можливої до максимальної у екстрені періоди, яке дозволить максимально завантажити дробарно-сортувальний завод сировиною та задовільнити потреби у готовій продукції споживача, скоротити втричі кількість проміжного транспортно-навантажувального обладнання, підвищити

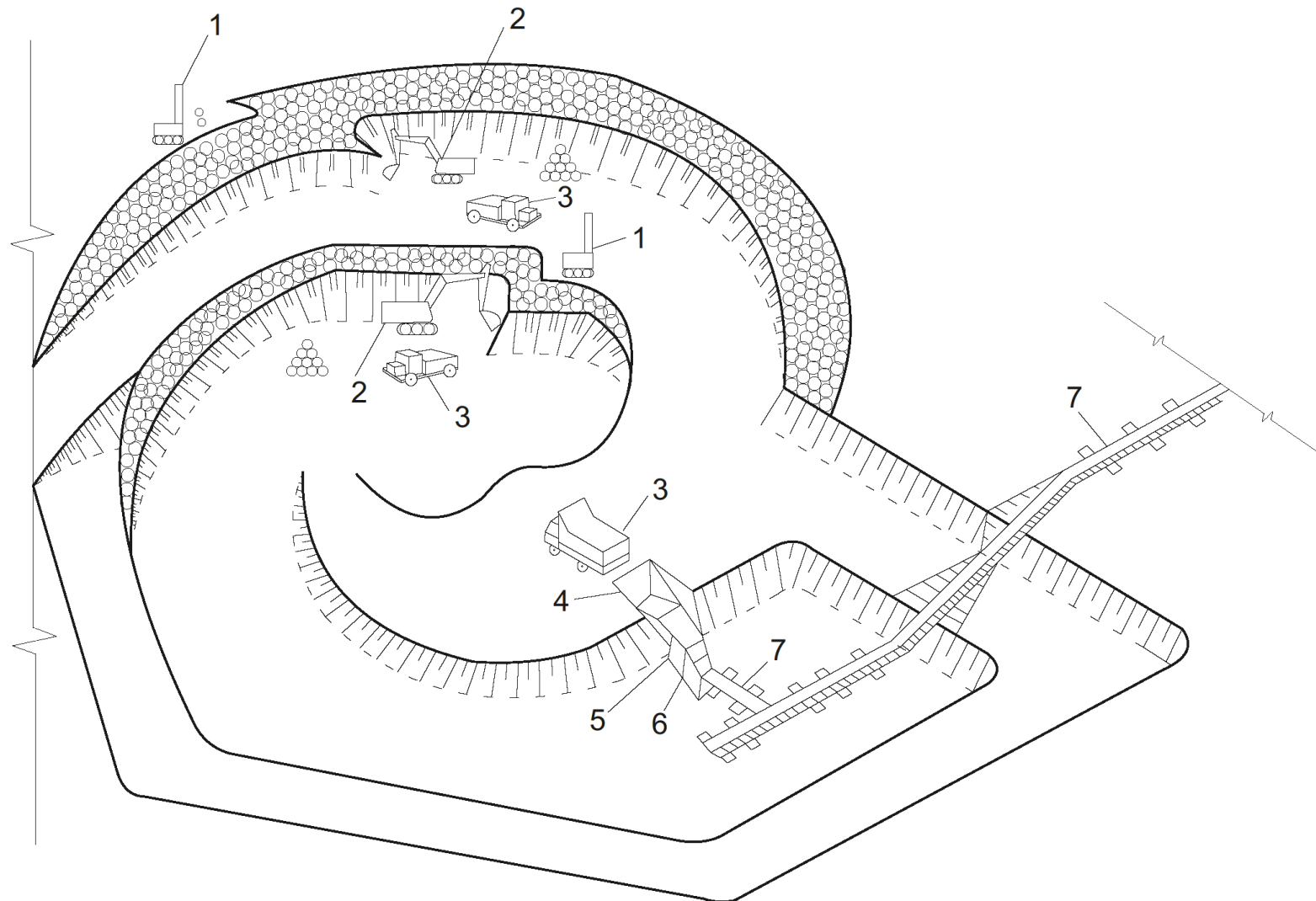


Рисунок 5.8 – Принципова схема циклічно-поточної технології виробництва щебеню: 1 – свердловий верстат; 2 – екскаватор; 3 – автосамоскид; 4 – бункер; 5 – грохот; 6 – дробарка; 7 – стрічковий конвеєр

продуктивність кар'єру до 2,5 млн. т/рік та екстрену сезонну – до 2000 т/год.

Розроблена циклічно-поточна технологія виробництва щебеню вперше запропонована для промисловості будівельних матеріалів, високо оцінена фахівцями ПрАТ «Коростенський ГЗК» та ПАТ «Малинський каменедробильний завод» та прийнята до подальшого впровадження (Додатки А-В).

5.3 Еколого-економічна ефективність впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню

Безперечними перевагами запропонованої технологічної схеми є підвищення екологічної та економічної ефективності процесу виробництва щебеню. Зростання техніко-економічних та екологічних показників підприємства очікується за рахунок застосування сучасної гіраційної дробарки, розташованої на двох спарених уступах в зоні кар'єру, у поєднанні з крутопохилим конвеєром. Впровадження розробленої технології дозволить підвищити ефективність руйнування гірської маси за рахунок скорочення загального об'єму бурових робіт та вторинного дроблення негабариту, а також скорочення витрати вибухової речовини, кількості проміжного транспортно-навантажувального обладнання.

Це, в свою чергу, зумовить зниження витрат на: буропідривні роботи, вторинне дроблення негабариту, вибухову речовину, обслуговування залишкового автомобільного транспорту, сплату екологічного податку.

Важливо відзначити, що застосування даної схеми дозволить значно скоротити викиди забруднюючих речовин (оксиду вуглецю і пилу) в атмосферне повітря при буропідривних роботах (за рахунок розширеної мережі свердловинних зарядів і зменшення кількості вибухової речовини) і при транспортуванні гірської маси, що дозволить знизити шкідливий вплив на оточуюче середовище та на працівників підприємства.

Нижче наводяться результати розрахунку річного еколого-економічного ефекту та терміну окупності від впровадження циклічно-поточної технології. Розрахунок виконано для Пинязевицького кар'єру.

Розрахунок річної економічної ефективності. Розрахунок техніко-економічного ефекту від впровадження розробленої циклічно-поточної технології виконано у відповідності до основних положень «Типової методики (основні положення) визначення економічної ефективності у народному господарстві нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій».

Розмір еколого-економічного ефекту впровадження запропонованої циклічно-поточної технології розраховується за формулою 2.5. Загальна економія від впровадження заходів визначається за формулою:

$$E_{\text{економ}} = Y_{\text{п}} + \Delta D = \sum E + \sum E_{\text{еколог}} \quad (5.1)$$

де $E_{\text{економ}}$ – загальна економія (економічна та екологічна), грн.

Загальна економія визначається за рахунок сумарного зменшення витрат за наступними статтями.

1. Буропідривні роботи:

а) від впровадження розширеної мережі свердловин

$$E_{MC} = n(V_1 - V_2) \cdot C_{CB},$$

де V_1, V_2 – кількість свердловин, відповідно, до та після впровадження, шт.;

n – кількість масових вибухів на рік (приблизно 29), шт.;

C_{CB} – собівартість буріння 1 свердловини, грн.

Вартість буріння 1 погонного метру складає 100 грн. Глибина однієї свердловини – 16,2 м, отже вартість буріння 1 свердловини становить 1 620 грн. Кількість свердловин відповідно зменшиться з 186 до 96.

$$E_{MC}=29 \cdot (186-96) \cdot 1\,620=4\,228\,200 \text{ грн};$$

б) від зменшення кількості використаної вибухової речовини

$$E_{BP}=n(M_1-M_2) \cdot C_H,$$

де M_1, M_2 – річна маса вибухової речовини, відповідно, до та після впровадження, кг;

C_H – собівартість 1 кг вибухової речовини, грн.

Середня вартість 1 кг вибухової речовини становить 15 грн, маса вибухової речовини знизиться з 25 619,6 кг до 13 223 кг.

$$E_{BP}=29(25\,619,6-13\,223) \cdot 15=5\,392\,521 \text{ грн};$$

в) від зменшення витрат на вторинне дроблення негабариту

$$E_{DF}=n(D_1-D_2) \cdot C_D,$$

де D_1, D_2 – річний об'єм негабаритної фракції, відповідно, до та після впровадження, м³;

C_D – собівартість вторинного дроблення 1 м³ негабариту, грн.

Вартість вторинного дроблення 1 м³ гірської маси складає орієнтовно 200 грн. Після одного масового вибуху підприємство додроблює 3 944 м³, а нова технологічна лінія дозволить скоротити такий об'єм приблизно на 10%.

$$E_{DF}=29(3944-3550) \cdot 200=2\,285\,200 \text{ грн}.$$

2. Транспортування гірської маси:

а) зменшення витрат на використання палива

$$E_{дг} = (P_1 - P_2) \cdot C_{дп},$$

де P_1, P_2 – річне використання дизельного палива, відповідно, до та після впровадження, л;

$C_{дп}$ – собівартість дизельного палива, грн.

За рахунок часткової заміни використання автотранспорту на конвеєр знизяться обсяги використання дизельного палива. За попередньою схемою використовувалось сім автосамоскидів з витратою дизельного палива 224 л на 100 км. За годину здійснювалось 24 ходки по 2 км кожна. Отже загальна відстань, яку проходив автотранспорт на рік становила – $24 \cdot 2 \text{ км} \cdot 16 \text{ год/доба} \cdot 300 \text{ діб} = 230400 \text{ км}$. Витрата дизельного палива на таку відстань складає – 516 096 л.

Після впровадження крутопохилого конвеєра кількість автотранспорту, необхідного для обслуговування дробарки первинного подрібнення, знизиться до двох машин. Кількість ходок становитиме 40, довжина ходки – 400 м. Загальна відстань, яку буде проходити автотранспорт на рік становитиме – $40 \cdot 0,4 \text{ км} \cdot 16 \text{ год/доба} \cdot 300 \text{ діб} = 76\,800 \text{ км}$. Витрата дизельного палива на цю відстань складатиме – 172 032 л.

$$E_{дг} = (516096 - 172032) \cdot 20 = 6\,881\,280 \text{ грн};$$

б) зменшення витрат на заробітні плати водіям

$$E_{зг} = (B_1 - B_2) \cdot C_{зп},$$

де B_1, B_2 – кількість водіїв, відповідно, до та після впровадження, чоловік;

$C_{ЗП}$ – річна зарплатня одного водія, грн.

Кількість водіїв автотранспорту зменшиться з 7 чоловік до 2. Середня місячна зарплата водія складає 10 000 грн, що на рік становить 120 000 грн на одного працівника. Додатковий дохід за рахунок зменшення виплат заробітних плат складе:

$$E_{ЗП} = (7-2) \cdot 120\,000 = 600\,000 \text{ грн.}$$

Загальний річний додатковий дохід за рахунок економії витрат (грн)

$$\sum E = E_{МС} + E_{ВР} + E_{Д} + E_{ДП} + E_{ЗП};$$

$$\sum E = 4\,228\,200 + 5\,392\,521 + 2\,285\,200 + 6\,881\,280 + 600\,000 = 19\,387\,201 \text{ грн.}$$

До загальної економії також належить економія за рахунок зменшення виплати екологічного податку. Розрахунок додаткового доходу за рахунок економії на виплаті екологічного податку від впровадження циклічно-поточної технології проводиться на основі визначення різниці між величинами екологічного податку до та після впровадження технологічної схеми, згідно «Розділу VIII. Екологічний податок» Податкового кодексу України.

$$E_{еко} = (П_1 - П_2) \cdot C_{ЕП_i}, \quad (5.2)$$

де $П_1, П_2$ – маса викиду i -тої шкідливої речовини на рік, відповідно, до та після впровадження, т;

$C_{ЕП_i}$ – ставка екологічного податку за 1 т i -тої забруднюючої речовини, згідно статті 243 «Розділу VIII. Екологічний податок» Податкового кодексу України, грн.

Скорочення виплати екологічного податку буде відбуватися за рахунок:

- 1) зниження викидів при буропідбивних роботах;
- 2) зниження викидів при транспортуванні гірської маси та її навантаженні в дробарку.

Для розрахунку валових викидів шкідливих речовин при підбивних роботах на кар'єрі використано показники вибухової речовини «Гранеміт марки И-30-У», яка застосовується на даному підприємстві. Згідно технічних характеристик вибухової речовини питомий вміст оксиду вуглецю в пилогазовій хмарі при вибуху 1 кг даної вибухової речовини – 10,56 л/кг, оксиду азоту – 2,56 л/кг [81]. Питомий вміст оксиду вуглецю у відбитій гірській масі становить 4,48 л/кг, оксиду азоту – 1,28 л/кг. Об'єм гірської маси, що підбивається в кар'єрі за один вибух складає 49,3 тис. м³. За рахунок впровадження запропонованих заходів мережа свердловин збільшиться з 3,6 м до 5,0 м і кількість свердловин зменшиться, відповідно, з 186 до 96. Відповідно, згідно розрахунків, наведених у розділі 2, викид оксиду вуглецю зменшиться з 1,676 т до 0,86 т, а викид пилу – з 0,283 т до 0,123 т, відповідно.

Ставки екологічного податку за 1 тону шкідливої речовини становлять: пил – 74,17 грн/т, оксид вуглецю – 74,17 грн/т. Масовий вибух проводиться 29 разів на рік.

$$E_{\text{еколог}} = ((0,283 - 0,123) \cdot 74,17 + (1,676 - 0,86) \cdot 74,17) \cdot 29 = 2\,099,31 \text{ грн.}$$

Проведено розрахунок викидів забруднюючих речовин на верхніх горизонтах кар'єру при трьох варіантах технологічних схем виробництва щебеню:

- 1) технологічна схема №1 – подрібнення гірської маси дробаркою СМД-118, яка знаходиться за межами кар'єру;
- 2) технологічна схема №2 – подрібнення гірської маси дробаркою

Metso Superior МК-II 54-75, яка знаходиться за межами кар'єру;

3) технологічна схема №3 – застосування циклічно-поточної технології виробництва щебеню. Подрібнення гірської маси здійснюється дробаркою Metso Superior МК-II 54-75, яка знаходиться в робочій зоні кар'єру, а її транспортування за межі кар'єру після первинного подрібнення – крутопохилим конвеєром.

Найменша кількість забруднюючих речовин утворюється при технологічній схемі №3 (313,53 т/рік у порівнянні з 847,76 та 1706,16 т/рік при технологічних схемах №1 та 2 відповідно). Отже, варіант із застосуванням циклічно-поточної технології виробництва щебеню у комплексі з крутопохилим конвеєром, при якому подрібнення гірської маси здійснюється дробаркою Metso Superior МК-II 54-75, яка знаходиться в робочій зоні кар'єру, є найбільш доцільним та раціональним з-поміж існуючих. Викиди зменшуються за рахунок відсутності викидів пилу при завантаженні гірської маси в дробарку за межами кар'єру.

Зниження виплат екологічного податку становитиме:

$$E_{\text{еколог}} = (1\,553,68 - 313,53) \cdot 74,17 = 91\,981,9 \text{ грн.}$$

Загальна економія становитиме:

$$E_{\text{економ}} = \sum E + \sum E_{\text{еколог}} \approx 19\,595\,155,4 \text{ грн.}$$

Для розрахунку еколого-економічної ефективності впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню на ПАТ «Малинський каменедробильний завод» використано величину одноразових капіталовкладень, які необхідно здійснити для закупівлі дробарки Metso Superior МК-II 54-75 та конвеєра КНК-270. Така величина складає 110 000 000 грн.

Експлуатаційні витрати при цьому формуються за рахунок використання електроенергії дробарним устаткуванням та крутопохилим конвеєром. Щорічні експлуатаційні витрати на забезпечення електроенергією дробарного обладнання в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром становитимуть:

$$C = 1,4906 \text{ грн} \cdot 1650 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 16 \text{ год} \cdot 300 \text{ діб} = 11\,805\,552 \text{ грн.}$$

Розмір еколого-економічного ефекту впровадження запропонованої технології за перший рік становитиме:

$$E_n = 19\,595\,155,4 - (11\,805\,552 + 0,15 \cdot 110\,000\,000) = -8\,710\,396,6 \text{ грн.}$$

Еколого-економічний ефект за наступні роки:

$$E_n = 19\,595\,155,4 - 11\,805\,552 = 7\,789\,603,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності розраховано без врахування прибутку від реалізації щебеню, а лише з урахуванням додаткового доходу від зниження витрат на проведення буропідривних робіт, в тому числі зменшення кількості використання вибухової речовини, зниження витрат на вторинне дроблення негабариту, а також зменшення величини екологічного податку. Враховуючи, що підприємство наростить в разі необхідності об'єми виробництва, термін окупності буде становити близько 10 років.

Висновки

1. Розроблено та розпочато процес впровадження в умовах ПАТ «Малинський каменедробильний завод» циклічно-поточної технології виробництва щебеню за рахунок застосування сучасної гіраційної дробарки,

розташованої на двох спарених уступах в зоні кар'єру, у поєднанні з крутопохилим конвеєром з метою скорочення кількості проміжного транспортно-навантажувального обладнання та підвищення продуктивності кар'єру.

2. Доведено, що впровадження циклічно-поточної технології виробництва щебеню уже на стадії буропідливних робіт дозволить отримати додатковий дохід в розмірі 12 041 277 грн. Це можливо за рахунок зниження витрат на проведення буропідливних робіт, зменшення кількості використання вибухової речовини, а також зниження величини екологічного податку. Загальний річний додатковий дохід від економії на окремих статтях при впровадженні технології становитиме 19 595 155,4 грн.

3. Еколого-економічний ефект впровадження за кожен наступний рік після першого становитиме 7 789 603,4 грн, а термін окупності – менше 14 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна науково-практична задача, що полягає у розробці циклічно-поточної технології виробництва щебеню за рахунок застосування сучасної гіраційної дробарки, розташованої на двох спарених уступах в зоні кар'єру, у поєднанні з крутопохилим конвеєром з метою скорочення кількості проміжного транспортно-навантажувального обладнання та підвищення продуктивності кар'єру.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному.

1. Виконано аналіз та узагальнення наукових досліджень і практичного досвіду удосконалення та впровадження комплексних технологічних схем виробництва щебеню.

2. Встановлено кореляційні залежності виходу негабариту від параметрів розташування свердловинних зарядів, які забезпечують фракційний склад гірської маси (з максимальним шматком не більше 1300 мм), що відповідає технологічним можливостям високопродуктивного (до 2000 т/год) дробарного обладнання первинного подрібнення.

3. Аналіз отриманих результатів показав, що для виробничих умов ПАТ «Малинський каменедробильний завод» (вихід негабариту менше 8%) раціональною є мережа свердловин, відстань між свердловинами в якій складає 5 м при збереженні інших попередніх параметрів буропідливних робіт, що скоротить загальний об'єм бурових робіт майже у 2 рази, а вторинне дроблення негабариту – на 10%.

4. Аналіз сучасного дробарного обладнання показав, що найбільш раціональними для умов Пинязевицького родовища гранітів є гіраційні дробарки марок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820. Після їх порівняльного аналізу для впровадження обрано дробарку Metso Superior МК-II 54-75, як більш доцільну, продуктивністю 2000 т/год.

5. Визначено залежність продуктивності гіраційного дробарного обладнання від геометричної форми шматка гірської маси, яка описується рівнянням Кассіні. Результати розрахунків показали, що найбільш доцільним з точки зору продуктивності є подрібнення в дробарці шматків форми наближеної до куба, оскільки вони більш щільно заповнюють простір бункеру дробарки у порівнянні із шматками лещадної (пластинчатої) чи голчастої форми, а саме $94,824$ з 95 м^3 при розмірі вхідного отвору дробарки $1,3 \text{ м}$. Це дозволяє максимально повно використовувати технологічні можливості дробарки, а отже досягати ефективності її роботи до 99% .

6. Аналіз транспортного обладнання виявив, що раціональним для умов Пинязевицького родовища гранітів є конвеєрний транспорт, використання якого дозволяє поліпшити екологічну ситуацію на підприємстві та значно скоротити втрати гірської маси при переміщеннях, зберегти її якість і зменшити вплив на навколишнє середовище в порівнянні з автомобільним транспортом. Після порівняльного аналізу типів та конструкцій конвеєрів для впровадження у технологічний комплекс обрано крутопохилий конвеєр типу КНК-270, як більш доцільний.

7. Аналіз напружено-деформованого стану стрічки конвеєра показав, що напруження за Мізесом змінюються по ширині стрічки, а їх величина в одній і тій же точці змінюється в залежності від навантаження стрічки. Максимальне значення напруження спостерігається на краях стрічки і становить при 100% навантаженні $4,5 \text{ МПа}$. Встановлено залежності величини деформації краю стрічки від її натягу при зміні навантаження від 50 до 100% . Отримані залежності показують, що зі зростанням навантаження стрічки конвеєра до максимально допустимих значень, згідно технічних характеристик, при збільшенні натягу стрічки, деформації краю стрічки по товщині (осі Z) зростають від $0,0008$ (при 50% навантаженні та $F_n=25 \text{ кН}$) до $0,0038$ (при 100% навантаженні та $F_n=50 \text{ кН}$), проте знаходяться в допустимих межах ($0,005$) для такого типу стрічок.

8. Розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню на

гранітних кар'єрах за рахунок застосування сучасного дробарного обладнання розташованого в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром дозволить підвищити економічні показники підприємств, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Загальний річний прибуток при впровадженні запропонованої технологічної схеми становитиме 19 595 155,4 грн, а термін окупності капіталовкладень не перевищить 14 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Все про щебінь. Технологія виробництва [Електронний ресурс] / офіційний сайт Lafarge Holcim. – Режим доступу: http://www.lafarge.ua/wps/portal/ua/uk/3_2_1-Manufacturing_process.
2. Гелета О. Короткі відомості з гемологічної науки та практики / О. Гелета // «КДК». – 2008. – № 3 (53). – С. 3-11.
3. Новые технологии в производстве высококачественного щебня [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.valent-stk.ru/news/86-novye-tekhnologii-v-proizvodstve-vysokokachestvennogo-shchebnya.html>.
4. Трубецкой К.Н. Современные проблемы разрушения массивов горных пород / К.Н. Трубецкой, С.Д. Викторов. – М.: ИПКОН РАН, 1998. – 28 с.
5. Санакулов К.С. Снижение затрат в глубоких карьерах на основе применения крутонаклонного конвейера в составе комплекса ЦПТ / К.С. Санакулов, Ф.Я. Умаров, П.А. Шеметов // Горный вестник Узбекистана. – 2013. – №1 (52). – С. 8-12.
6. Дауренбекова А.Н. Перспективы применения циклично-поточной технологии на глубоких рудных карьерах / А.Н. Дауренбекова, Б.К. Молдабеков // Вестник КазНТУ. – 2013. – № 4(98). – С. 3-7.
7. Гранітний щебінь, його походження та виробництво [Електронний ресурс] / Все про ремонт. – Режим доступу: <http://remonty.co.ua/raznoe/7077-Granitnyiy-sheben-ego-proishozhdenie-i-proizvodstvo.html>.
8. Тверда О.Я. Удосконалення технології підривних робіт у вертикально шаруватих масивах скельних порід на кар'єрах: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук: 05.15.03 / Тверда Оксана Ярославівна; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – К., 2013. – 20 с.
9. Воробьев В.Д. Методы дробления анизотропных пород на основе регулирования параметров импульса взрыва комбинированных зарядов (на

примере карьеров нерудной промышленности): автореф. дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук: 05.15.11 / Воробьев Виктор Данилович; ИГМ НАН Украины. – К., 1995. – 34 с.

10. Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом (Взрывные технологии в промышленности) / Кутузов Б.Н. – М.: Издательство МГГУ, 1994. – 448 с.

11. Друкованый М.Ф. Методы управления взрывом на карьерах / Друкованый М.Ф. – М.: Недра, 1973. – 416 с.

12. Механика взрывного разрушения пород различной структуры / [Ефремов Э.И., Петренко В.Д., Рева Н.П., Кратковский И.Л.]. – К.: Наук. думка, 1984. – 192 с.

13. Турута Н.У. Исследование процесса разрушения горных пород взрывом скважинных зарядов / Н.У. Турута, А.Т. Галимуллин, Д.Ф. Панченко, А.В. Карпинский // Технология открытых горных работ. – 1966. – С. 103-107.

14. Кравець В.Г. Підривні роботи на кар'єрах / Кравець В.Г., Воробйов В.Д., Кузьменко А.О. – К.: НДО, 1994. – 375 с.

15. Воробьев В.Д. Взрывные работы в скальных породах / В.Д. Воробьев, В.В. Перегудов. – К.: Наукова думка, 1984. – 240 с.

16. Клей Р.Б. Ударные волны в твердых телах и механика горных пород / Р.Б. Клей, М.А. Кук, Р.Т. Кейс // Разрушение и механика горных пород. – 1962. – С. 410-440.

17. Буллер М.Ф. Промышленные взрывчатые вещества / М.Ф. Буллер. – Сумы: СумГУ, 2009. – 226 с.

18. Павліченко О.Ф. Застосування вибухових речовин нового покоління, їхня токсичність та екобезпека / О.Ф. Павліченко // Український журнал з проблем медицини праці. – 2012. – № 3. – С. 66-76.

19. Современные тенденции в использовании взрывчатых веществ на нерудных карьерах Украины / Э.И. Ефремов, Н.В. Савченко, И.В. Махоня

[и др.] // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2011. – Вип. 1/2011 (7). – С. 37-45.

20. Шведов К.К. Сучасний стан і проблеми використання енергії вибуху ВР в гірничовидобувній промисловості. Фізичні проблеми руйнування гірських порід / К.К. Шведов // Зб. праць четвертої міжнародної конференції. – 2005. – С. 51.

21. Рапопорт Е.Л. Повышение качества щебня: проблемы и задачи / Е.Л. Рапопорт, И.Н. Неретин // Строительные ведомости. – 2006. – № 6. – С. 5-8.

22. Ищенко Н.И. Разработка рецептуры, средств, технологии приготовления и использования промышленного эмульсионного взрывчатого вещества – эмонит / Н.И. Ищенко, В.Ф. Монаков, О.И. Макаров // Украинский союз инженеров-взрывников. Информационный бюллетень. – Вып. №1. – 2008. – 36 с.

23. Прокопенко В.С. Разрушение горных пород скважинными зарядами взрывчатых веществ в рукавах // В.С. Прокопенко. – К.: НТУУ "КПІ", 2010. – 208 с.

24. Желтоножко А.А. Состояние и перспективы развития промышленных взрывчатых веществ и средств инициирования в Украине и за рубежом / А.А. Желтоножко, В.Р. Закусило // Украинский союз инженеров-взрывников. Информационный бюллетень. – Вып. № 3. – 2009. – С. 6–11.

25. Ефремов Э.И. Влияние конструкции заряда и уровня обводненности горных пород на интенсивность их дробления / Э.И. Ефремов, В.А. Никифорова, Е.В. Николенко // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2008. – Вип. 2/2008 (2). – С. 7-13.

26. Кучерявый Ф.И. Взрыв и горные технологии / Ф.И. Кучерявый, И.А. Лучко. – К.: Наук. думка, 1988. – 157 с.

27. Курінний В.П. Фізичні аспекти руйнування гірських порід вибухом / Курінний В.П. – Дніпропетровськ: НГУ, 2009. – 158 с.

28. Андриевский А.П. Оптимизация параметров буровзрывных работ / А.П. Андриевский, А.М. Авдеев, М.Ю. Харитонов // Промышленная безопасность и эффективность новых технологий в горном деле. – 2001. – С. 456-462.

29. Оптимизация параметров буровзрывных работ / И.П. Бибик, В.Н. Сытенков // Горн. журнал. – 2007. – № 5. – С. 48-52.

30. Рождественский В.Н. Основные направления качественной подготовки горной массы взрывом на современных глубоких карьерах / В.Н. Рождественский // Изв. вузов. Горн. журнал. – 2005. – № 1. – С. 66-72.

31. Балычев А.М. Современное состояние буровзрывных работ и пути их совершенствования / А.М. Балычев, Ю.А. Филатов // Горн. журнал. – 2007. – № 7. – С. 22-25.

32. Барон В.Л. Техника и технология взрывных работ в США / В.Л. Барон, В.Х. Кантор. – М.: Недра, 1989. – 376 с.

33. Крючков А.И. Методика расчета параметров взрывных работ в блочных массивах скальных пород на карьерах / А.И. Крючков, В.Д. Воробьев. – К.: АО «ВИПОЛ», 1995. – 54 с.

34. Підприємства з виробництва нерудних матеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.textreferat.com/referat-1836-1.html>.

35. Терентьев О.М. Техніка та технологія переробки будівельних гірських порід / О.М. Терентьев, В.Г. Кравець. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 220 с.

36. Блохин В.С. Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтеграции твердых материалов / Блохин В.С., Большаков В.И., Малич Н.Г. – Днепропетровск: ИМА-пресс. – 2006. – 404 с.

37. Щебеночные заводы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.stroiteli-spravochnik-98-beton.bud.eh.org.ua/49.htm>.

38. Шаповал С.В. Конспект лекцій до вивчення дисципліни «Виробнича база будівництва» (для студентів 4 курсу денної та заочної форм

навчання напряму підготовки 6.060101 — «Будівництво») / С. В. Шаповал, Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 83 с.

39. Производство кубовидного щебня и строительного песка с использованием вибрационных дробилок / [Арсентьев В.А., Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П., Шуляков А.Д.]. – СПб: Издательство ВСЕГЕИ, 2008. – 110 с.

40. Реальность производства щебня I группы по форме зерна / А.И. Гуцин [и др.] // Строительные материалы. – 2002. – №2. – С. 4–5.

41. Ицкович С.М. Технология заполнителей бетона / Ицкович С.М., Чумаков Л.Д., Баженов Ю.М. – Москва: Высшая школа, 1991. – 272 с.

42. Рыков В.Ф. Установка с дробилкой КИД-1200М для производства щебня из гравия в ООО «Промстройинвест» / В.Ф. Рыков, П.А. Спиридонов // Строительные материалы. – 2006. – №6. – С. 21.

43. Проблемы карьерного транспорта [Электронный ресурс]: официальный сайт журнала «Горная промышленность». – Режим доступа: <http://www.mining-media.ru/ru/article/transport/449-problemy-karernogo-transporta>.

44. Ляшенко А.Ю. Совершенствование ковшовых рабочих органов экскаваторов выполнением днища в виде роликовой поверхности: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.05.04 / Ляшенко Алена Юрьевна; Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова. – Новочеркасск, 2013. – 20 с.

45. Ляшенко А.Ю. Современные технологии и оборудование для добычи нерудных материалов на карьерах Ростовского региона / В.А. Евстратов, Ю.М. Ляшенко, А.Ю. Ляшенко // Перспективы развития Восточного Донбасса. Часть 1: сб. науч. тр. по материалам 60-й Всероссийской науч.-практ. конференции «Перспективы развития Восточного Донбасса». – 2011. – С. 35-39.

46. Симоненко В.І. Організація виймально-транспортувальних робіт на нерудних кар'єра в сучасних умовах [Текст] / В.І. Симоненко, Н.І. Ярошик // Зб. наук. праць НГУ. – 2010. – №35, Т.1. – С. 44-51.

47. Симоненко В.И. Новые технологические схемы транспорта при разработке гранитных месторождений / В.И. Симоненко, А.В. Мостыка, А.В. Черняев // Науковий вісник НГУ. – 2007. – №10. – С. 5-7.

48. Буткевич Г.Р. Транспортирование скальных пород (на примере нерудного сырья) / Г.Р. Буткевич // Горная промышленность. – 1996. – №.1 – С. 52–56.

49. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров / М.В. Васильев – М.: Недра, 1983. – 295 с.

50. Денищенко А.В. Оценка эффективности канатных транспортных установок в условиях карьеров / А.В. Денищенко, О.О. Юрченко // Науковий вісник НГУ. – 2010. – №11-12. – С. 49-51.

51. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть 1. Производственные процессы: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1985. – 509 с.

52. Щебінь [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Щебінь>.

53. Новые технологии производства высококачественного щебня мелких фракций / Л.А. Вайсберг [и др.] // Журнал «Горная промышленность». – 2010. – №3(91). – С. 10.

54. Основи переробки та збагачення корисних копалин [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050301 «Гірництво» / НТУУ «КПІ»; уклад. О.М. Терентьев, В.В. Погрібний. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,71 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011.

55. Свій бізнес: виробництво щебеню. Технологія та дробильне обладнання для виробництва щебеню [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.olympica.com.ua/674643-svijj-biznes-virobnictvo-shhebenyu-tehnologiya-ta-drobilne-obladnannya-dlya-virobnictva-shhebenyu.html>.

56. Шапурін О.В. Дослідження процесу механічного подрібнення порід у кар'єрах / О.В. Шапурін, Є.М. Швець, В.В. Стоялов // Вісник КТУ. – 2011. – №27. – С. 3-5.

57. Казахстанский институт содействия промышленности. Циклично-поточная технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.slideshare.net/kazinsop/ss-39454935>.

58. Сапаков Е.А. Циклично-поточная технология с использованием самоходных дробильных установок / Е.А. Сапаков, С.С. Кулнияз // Журнал «Горная промышленность». – 2008. – №5 (81).

59. Новые прогрессивные технологические решения циклично-поточной технологии в карьере Мурунтау / Ю.Д. Норов [и др.] // Известия КГТУ им. И. Раззакова. – 2014. – №33. – С. 245-248.

60. Клушанцев Б.В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

61. Юмашев В.М. Технология и оборудование для производства щебня узких фракций кубовидной формы / В.М. Юмашев, Ф.В. Панфилов // Строительная техника и технология. – 2002. – №4. – С. 76-79.

62. Вайсберг Л.А. Новое поколение щековых и конусных дробилок / Л.А. Вайсберг, Л.П. Зарогатский // Строительные и дорожные машины. – 2000. – № 7. – С. 16-21.

63. Шуляков А.Д. Производство кубовидного щебня на базе оборудования ОАО «Механобр-техника» / А.Д. Шуляков, А.А. Носов // Промышленно-строительное обозрение. – 2003. – № 7 (73). – С. 19.

64. Мала гірнича енциклопедія: в 3-х т. / [за ред. В.С. Білецького]. – Донецьк: Донбас, 2004.

65. Смирнов В.О. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин. [навчальний посібник] / В.О. Смирнов, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, 2012. – 284 с.

66. Совершенствование транспортных комплексов гранитных карьеров [Электронный ресурс]: irNMUU Institutional Repository National Mining University of Ukraine / А.В. Денищенко, О.О. Юрченко // Персональні колекції підрозділів та співробітників. – 2013. – Режим доступу: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/1580>.

67. Сравнительная оценка крутонаклонных ленточных конвейеров [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека «Киберленинка» / А.Н. Картавый // Научные статьи. – 2009. – Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-krutonaklonnyh-lentochnyh-konveyerov>.

68. Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи: підручник / А.Ю. Дриженко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Д.: НГУ, 2014. – 590 с.

69. Буткевич Г.Р. Промышленность нерудных строительных материалов: достигнутое и перспективы / Г.Р. Буткевич // Строительные материалы. – 2003. – № 11. – С. 2-5.

70. Дыняк С.В. Совершенствование технологии производства щебня / С.В. Дыняк, К.К. Ткачук // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво». – 2014. – Випуск 25. – С. 40-44.

71. Кондратенко Л.В. Типовий проект на проведення буровибухових робіт методом свердловинних та шпурових зарядів на кар'єрі ПАТ «Малинський каменедробильний завод» / Л.В. Кондратенко: розроб. гол. інж. ПАТ «Малинський каменедробильний завод». – м. Малин, 2012. – 27 с.

72. Unigran Quality in a stone. Малинський каменедробильний завод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <http://www.unigran.ua/ua/?p=18>.

73. Грешников В.А. Статистические методы обработки эмпирических данных / Грешников В.А., Волков Б.Н., Кубарев А.И. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 232 с.

74. Мухачёв В.А. Планирование и обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 118 с.

75. Рафалес-Ламарка Э. Методология научно-технического исследования / Э. Рафалес-Ламарка. – Луганск, 1992. – 218 с.

76. Грановский В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

77. Методика прогнозирования сейсмостойкости охраняемых объектов вблизи проведения взрывных работ / С.А. Крайчук [и др.] // Theoretical & Applied Science. – 2014. – № 9(17). – С. 68-73.

78. Управление энергией взрыва / К.Н. Ткачук [и др.] // Theoretical & Applied Science. – 2014. – № 11(19). – С. 77-83.

79. Економіка природокористування: Методичні рекомендації до виконання курсової роботи та економічної частини дипломних проектів для студентів спеціальності 7.070801 «Екологія та охорона навколишнього середовища» [Круш П.В., Шевчук Н.А., Шевчук Н.І., Вовк О.О.]. – К.: «Політехніка», 2006. – 59 с.

80. Дедков С.П. Распространение и осаждение пыли при взрывах в карьере / С.П. Дедков, О.А. Брюховских // Известия вузов. Горный журнал. – 1994. – № 7. – С. 54-62.

81. Методика расчета вредных выбросов (сбросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей) / Министерство топлива и энергетики Российской Федерации Национальный научный центр горного производства института горного дела им. А.А. Скочинского. – Люберцы, 1999. – 68 с.

82. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. / НПО «Союзстромэкология». – Новороссийск, 1989 г. – 25 с.

83. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов / ЗАО «НИПИОТСТРОМ» – Новороссийск, 2000.

84. Керівництво з виготовлення і застосування Гранеміту марки И-30-У – ТУ У 24.6-14015318-208:2009.

85. Лемешко О.Г. Дослідження впливу технологічних параметрів мереж вибухових свердловин на вихід негабариту / О.Г. Лемешко, С.В. Диняк // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво». – 2015. – Випуск 28. – С. 37-42.

86. СтройНерудКомплект. [Електронний ресурс]: Технические характеристики СМД-118. – Режим доступа: URL: http://www.snk-ltd.ru/drobilka_schekovaya_smd118.

87. Дыняк С.В. Использование гирационных дробилок для первичного измельчения гранитных пород / С.В. Дыняк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – 2015. – Вип. 28. – С. 91-95.

88. Савчук В.П. Взаємодія свердловинних зарядів за умов різноспрямованого ініціювання / В.П. Савчук // Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. – 2012. – №2(61). – С. 181-184.

89. Гайко Г.І. Історія гірництва: підруч. / Г.І. Гайко, В.С. Білецький. – Київ-Алчевськ: "ЛАДО" ДонДТУ, 2013. – 542 с.

90. Ткачук К.К. Совершенствование технологии и выбор оборудования для производства щебня кубовидной формы / К.К. Ткачук, В.П. Савчук. – Вісник НУВГП: Збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 3(55). – С. 183-187.

91. Вайсберг Л.А. Технологические возможности конусных инерционных дробилок при производстве щебня / Л.А. Вайсберг, А.Д. Шуляков // Строительные материалы. – 2000. – №1 – С. 8-9.

92. Вайсберг Л.А. Сокращение стадийности дробления – оптимальный путь снижения себестоимости высококачественного щебня / Л.А. Вайсберг, А.Д. Шуляков, П.А. Спиридонов // Строительные материалы. – 2002. – № 11. – С. 7-9.

93. Дробление и сортировка / Брошюра Metso Minerals. – 2007. – 266 с.

94. Sandvik mining and construction / Брошюра Sandvik. – 2010 – 8 с.

95. Кусков В.Б. Обогащение и переработка полезных ископаемых: учебное пособие / В.Б. Кусков, М.В. Никитин. – Санкт-Петербург, 2002. – 80 с.

96. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике/ М.Я. Выгодский. – М., 1966. – 870 с.

97. Бронштейн И.Н. Справочник по математике/ И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М., 1959. – 608 с.

98. Методика расчета вредных выбросов (сбросов) и оценки экологического ущерба при эксплуатации различных видов карьерного транспорта / [ИГД им. А.А. Скочинского]. – М., 1994. – 50 с.

99. Справочник. Открытые горные работы / [К.Н. Трубецкой [и др]]. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

100. Методические указания по определению экономической эффективности применения непрерывных и новых специализированных видов транспорта в народном хозяйстве / ИКТП – М.: ИКТП, 1984. – 33 с.

101. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на предприятиях железнодорожного транспорта (расчетным методом) / МТРФ, НИИАТ – М.: 1992. – 162 с.

102. Белаз. Серия 7547 [Электронный ресурс]: технические характеристики. – Режим доступа: URL: <http://www.belaz.by/catalog/products/dumptrucks/7547/>.

103. База нормативной документации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.complexdoc.ru/>.

104. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 183 с.

105. Диняк С.В. Обґрунтування раціонального типу дробарного обладнання для удосконалення циклічно-поточної технології виробництва щебеню та підвищення продуктивності його роботи / С.В. Диняк, К.В. Андрасович // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво». – 2015. – Випуск 27. – С. 37-42.

106. Пашков А.П. Ресурсозбегіраючі технології в гірництві: конспект лекцій / А.П. Пашков – К.:НТУУ «КПІ», 2008. – 102 с.

107. Картавый А.Н. Обоснование основных параметров крутонаклонного конвейера с прижимной лентой для карьеров с большими грузопотоками: автореф. дис. канд. техн. наук 05.05.06 / Картавый Андрей Николаевич. – Москв, 2000. – 34с.

108. Шешко Е.Е. Эколого-экономические предпосылки применения новых средств транспортирования из глубоких карьеров [Электронный ресурс]: Сайт. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomicheskie-predposylki-primeneniya-novyh-sredstv-transportirovaniya-iz-glubokih-karierov>.

109. Касаткин А.А. Сравнительная оценка крутонаклонных ленточных конвейеров для горной промышленности / А.А. Касаткин // Горный информационно-аналитический бюлетень. – 2007. – Вып. 9. – С. 103-108.

110. Кириченко А.И. Мощный крутонаклонный транспортный агрегат для карьера "Мурунтау" Навоийского ГМК [Текст] / А.И. Кириченко, В.А. Держинский, А.Н. Картавый // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 1. – С. 23-28.

111. Диняк С.В. Аналіз досвіду виготовлення і застосування «Гранеміту» в промислових умовах / С.В. Диняк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – 2014. – Вип. 26. – С. 32-38.

112. Диняк С.В. Циклічно-поточна технологія виробництва щебеню на гранітних кар'єрах / С.В. Диняк // Тези доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетика. Екологія. Людина». Секція 6 (С6) «Ресурсозбереження і екологічна безпека технологічних процесів промислового і цивільного будівництва», 15-17 травня 2015 року, Київ. – 2015. – С. 39-40.

113. Диняк С.В. Визначення параметрів сітки свердловинних зарядів на уступах кар'єрів / С.В. Диняк, С.М. Яроцька, О.О. Фролов // Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів», 9-10 квітня 2015 року, Житомир. – 2015. – С. 83-85.

114. Наумец І.В. Оптимизация буровзрывных работ при добыче скальных строительных материалов / И.В. Наумец, С.В. Диняк, И.В. Махоня, А.С. Сторчак // Информ. бюл. УСИВ. – 2010. – №3. – С. 11-12.

Додаток А



Акт

Даний акт складений про те, що представниками Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» (НТУУ «КПІ»), завідувачем кафедри інженерної екології Ткачуком К.К., здобувачем кафедри інженерної екології Диняком С.В. та головою правління ПАТ «МКДЗ» Анненковим Ю.С. та головним інженером ПАТ «МКДЗ» Кондратенком Л.В. були проведені спеціальні експерименти в промислових умовах.

На кар'єрі ПАТ «Малинський каменедробильний завод», що розробляє Пинязевицьке родовище гранітів з коефіцієнтом міцності $f=10-12$ за шкалою проф. Протодьяконова М.М., проведено експериментальні дослідження, що полягають в підриванні 32 свердловинних зарядів для кожної мережі свердловин і подальшим заміром відсоткового виходу негабариту. За негабарит прийняті шматки граніту з максимальним розміром ребра більше ніж 1,3 м. Мережа свердловин – квадратна, розміри змінювались в діапазоні від 3,6*3,6 м до 6*6 м з кроком 0,2 м. Буріння здійснювалось буровим станком Atlas Copco ROC L8H. Діаметр свердловин – 0,122 м. В якості вибухової речовини використовувався «Гранеміт марки И-30-У». Ініціювання мережі вибухових зарядів проводилось із застосуванням неелектричної системи «Нонель». Висота уступу – 15 м, глибина свердловини – 16,2 м, довжина перебуру 1,2 м, довжина заряду в свердловині – 13,9 м, довжина забійки – 3 м. Інтервал уповільнення прийнято рівним 20-30 мсек.

Аналіз отриманих результатів показує, що для виробничих умов ПАТ «Малинський каменедробильний завод» (вихід негабариту менше 8%) раціональною буде мережа свердловин, відстань між свердловинами в якій складає 5 м при збереженні інших попередніх параметрів буропідривних робіт, що скоротить загальний об'єм бурових робіт майже у 2 рази, а вторинне дроблення негабариту – на 10%.

Від ІЕЕ НТУУ «КПІ»

Завідувач кафедри ІЕ НТУУ «КПІ»
д.т.н., доц. Ткачук К.К.

Здобувач кафедри ІЕ НТУУ «КПІ»,
Диняк С.В.

Від ПАТ «МКДЗ»

Головний інженер
ПАТ «МКДЗ»

Л.В.Кондратенко

Додаток Б

**Акт**

про впровадження дисертаційних досліджень Диняка Сергія Васильовича на тему
«Розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних
кар'єрах»

Комісія у складі: від кар'єру – голова правління ПАТ «Коростенський кар'єр» Ярмолюк О.М. та головний інженер ПАТ «Коростенський кар'єр» Зайдліч А.О.; від ІЕЕ НТУУ «КПІ» –завідувач кафедри інженерної екології Ткачук К.К. та здобувач кафедри інженерної екології Диняк С.В. склали цей акт у наступному:

1. ПАТ «Коростенський кар'єр» засвідчує, що ним були прийняті до впровадження результати дисертаційних досліджень Диняка С.В. «Розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах».

2. В процесі розгляду матеріалів дослідження вивчалися техніко-економічні показники запропонованої технології, досліджувалась якість отриманого щебеню, а також оцінювався потенційний вплив на навколишнє середовище.

3. Комісія встановила, що запропоновані результати дисертаційних досліджень Диняка С.В. мають практичну цінність, розроблена циклічно-поточна технологія виробництва щебеню за рахунок застосування сучасної гіраційної дробарки, розташованої на двох спарених уступах в зоні кар'єру, у поєднанні з

крутопохилим конвеєром (кут нахилу 37°) дозволяє скоротити втричі кількість проміжного транспортно-навантажувального обладнання, підвищити продуктивність кар'єру до 2,5 млн. т/рік та екстренну сезонну – до 2000 т/год. Загальний річний прибуток при впровадженні такої технології становитиме 19595155,4 грн, а термін окупності капіталовкладень не перевищить 14 років.

Від ІЕЕ НГУУ «КП»

Завідувач кафедри ІЕ НГУУ «КП»
д.т.н., доц. Ткачук К.К.

Здобувач кафедри ІЕ НГУУ «КП»,
Диняк С.В.

Від ПАТ «Коростенський кар'єр»

Головний інженер
Зайдліч А. О.

ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ

ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЦИКЛІЧНО-ПОТОЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ НА ГРАНІТНИХ КАР'ЄРАХ	
Main	Основная часть
Exworks Supply	Поставка EXW
PRIMARY DUMP HOPPER Made of concrete Life volume app. 95m ³ depend on angle of repose. Anti abrasion steel 400 HB (kg), thickness 20 mm Sealring for concrete hopper including: - Tightening plates - Inflated seal ring Spider jacking ring, cast-in frame Spider access platform, access door, and shim fixation crusher Embedded lining support Tool for concave changes	ПЕРВИЧНИЙ ПРИЕМНЫЙ БУРКЕР Выполнен из бетона Рабочий объем ориент. 95м ³ в зависимости Износостойкая сталь 400 HB (кг), толщина 20 мм Уплотняющее кольцо для бетонного бункера включая: - Уплотняющие плиты - Уплотняющее кольцо Кольцо подъема крестовины, литая рама Платформа обслуживания крестовины и смотровой люк Крепление футеровки Инструмент для замены футеровок чаши
ROCKBREAKER FOR PRIMARY GYRATORY Hydraulic boom Techman or similar, Rockbreaker Techman or similar, central hydraulic unit, radio control, operator seat Autolube unit and safety valves Anchor structure for concrete foundation Serve cold package -35°C Russian documentation and GOST certificates (days) Field Service hydraulic Boom Road packing for Hydraulic boom and Rockbreaker	БУТОБОЙ ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ГИРАЦИОННОЙ Гидроуправляемая стрела-манипулятор Techman или аналогичная, Бутобой Techman или аналогичный, центральный гидравлический узел, радио управление, операторское место Узел автоматический смазки и предохранительные клапаны Анкерные опоры для бетонного основания Пакет для холодных условий работы -35°C Документация на русском языке и сертификаты ГОСТ (дней) Сервисных работ по гидроуправляемой стреле-Упаковка для транспортировки гидроуправляемой стрелы-манипулятора и бутобоя автотранспортом
OPERATORS ROOM Included in plant automation package 2,4m x 3,7m x 2,6m (W x L x H) Equiped with a three faces glassed room, the windows wiH be fixed, staight and tinted Room made in container design (steel	КАБИНА ОПЕРАТОРА Включена в пакет автоматизации завода 2,4м x 3,7м x 2,6м (Ш x Д x В) Комната с тремя прозрачными сторонами, Окна фиксированные и тонированные Комната выполнена в виде контейнера

frame with double skin gladding) Included: - One Air Conditioner. - One Plug 2P+T-10A Windows	(стальная рама с двойной обшивкой и уплотнением) Включает: - Один кондиционер. - Одна розетка 2P+T-10A Окна
MAINTENANCE OVERHEAD CRANE FOR CRUSHER ACCESS Capacity: 40t / 5t Span: 10,45m Rail length: 33,7m Lifting flight: 30m Electrical movement in all directions Local control Designed and equipped for cold temperatures (-35°C)	МОСТОВОЙ КРАН ОЛЯ МОНТАЖА И ОБСЛУЖИВАНИЯ ДРОБИЛКИ Грузоподъемность: 40т/5т Ширина пролета: 10,45м Длина рельса: 33,7 м Высота подъема: 30м Электроуправляемое движение во всех направлениях Местное управление Оборудование для холодных температур (-35°C)
BUILDING AND CRANE SUPPORT Steelworks for roof and side walls Steelworks for operators room Steelworks and access for vibrating feeder Client supply: - Heating and air conditioning - Water supply and pipe works - Pressed air supply and pipe works - Noise encapsulation	КОНСТРУКЦИИ И ОПОРА КРАНА Металлоконструкции для крыши и боковых стен Металлоконструкции для кабины оператора Металлоконструкции и лестницы для доступа к вибропитателям Поставка Заказчика: - Отопление и воздушное кондиционирование - Подача воды и трубопроводы - Подача сжатого воздуха и трубопроводы - Шумоизоляция
ACCESS STAIRWELL Stairwell up to overhead crane and down to station basement consist of: - Steel support structure - Stair case with handrail - Resting place with handrail and kickplates	ЛЕСТНИЧНАЯ СЕКЦИЯ Лестничная секция от мостового крана и вниз до основания состоит из: - Опорных металлоконструкций - Ступени и поручни - Межлестничные площадки с перилами и защитными пластинами
SERVICE ELEVATOR Client supply Service Elevator consist of: - Transport cabin 2 x 2 x 2,4m - Transport capacity 4 persons / 800kg - Elevator rails, doors and mechanism - 7 stons on nlant levpls	ЛИФТ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ Поставка Заказчика Лифт для обслуживания состоит из: - Транспортной кабины 2 x 2 x 2,4м - Вместимость 4 человека / 800 кг - Лифтовые направляющие, двери и механизм - 7 остановок на уровне завода

<u>DUST SUPPRESSION SYSTEM FOR DUMP HOPPER</u> Client supply Dust suppression based on water spray system	<u>СИСТЕМА ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИЕМНОГО БУНКЕРА</u> Поставка Заказчика Пылеподавление базирующееся на системе водного орошения
<u>54-75 SUPERIOR MKII PRIMARY GYRATORY CRUSHER</u> Eccentric throw: 41mm Open Side Setting: 165mm Configuration as described below and in the attached technical scope of supply * Operational and Maintenance Tools and Lifting Devices. * Automatic Spider Bearing Lubrication System * Main Shaft Positioning System. * Lubrication System on skid. * Oil cooling Station, Air to Oil Cooler * Air blower * TC1000M * Accumulator and Charging Hose Assembly. * Shell Splitting Wedges. *Falk Steel Flex Assembly for V-belt pulley. Cold Temperature Package * Speed Detection * Low Temperature Spider Sensor * Additional Heaters for Lub System * Piping, isolation and tracing for Lub- and hydraulic System * Russian Translation for Manuals	<u>ГИРАЦИОННАЯ ДРОБИЛКА КРУПНОГО ДРОБЛЕНИЯ 54-75 SUPERIOR MKII</u> Ход эксцентрика: 41мм Ширина щели: 165мм Конфигурация согласно описанию ниже и в приложенной технической спецификации * Инструменты для работы и обслуживания и подъемные устройства. * Система автоматической смазки подшипников траверсы * Система позиционирования главного вала. * Система смазки на салазках. * Станция охлаждения масла, Воздушно-масляный охладитель * Воздуходувка * C1000M * Комплект аккумулятора и зарядного кабеля * Распорные клинья чаши * Комплект со стальной пружинящей лентой для клиноременного шкива. Пакет для работы при холодных температурах * Датчик скорости * Сенсор низкой температуры траверсы * Дополнительные нагреватели для системы маслосмазки * Трубопровод, изоляция короба для систем маслосмазки и гидравлики * Инструкции на русском языке
<u>CRUSHER DRIVE GUARD</u> Metso designed crusher Drive Guards (conforming to OSHA and MSHA standards specification).	<u>ОГРАЖДЕНИЕ ПРИВОДА ДРОБИЛКИ</u> Ограждение привода дробилки по проекту Метсо (соответствует стандартам OSHA и MSHA).
<u>CRUSHER DRIVE MOTOR</u> 1500RPM Squirrel Cage Induction Motor 600HP	<u>ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ПРИВОДА ДРОБИЛКИ</u> Индукционный электродвигатель типа "белочья клетка" 600 ЛС, 1500 об/мин

* TEAAC or TEFC, 6000V / 3PH / 50 or 60Hz * 180/250% starting and break down torque * 1.15 Service factor * Class F-VPI insulation * 80 deg C rise by resistance at 1.00 SF * 0 - 40 deg C max. ambient temperature * 100 Ohm stator RTD's, 2 per phase * 100 Ohm bearing RTD's, 1 per bearing * 120 / 240 V Space heaters * In accordance with Metso Minerals' drive requirement specifications * Suitable for maximum elevation of 3,300 ft. (1,000 m)	* ТЕААС или ТЕFC, 6000В / 3PH / 50 или 60Гц * 180/250% пусковой и предельный вращающий момент * 1.15 коэффициент перегрузки * Класс изолирования F-VPI * 80 град. C rise by resistance at 1.00 SF * 0 - 40 град. C макс. температура окружающей среды * 100 Ом статор RTD's, 2 на фазу * 100 Ом опора RTD's, 1 на опору * 120 / 240 В нагреватели * Соответствует требованиям Metso Minerals к приводному оборудованию * Применяется для максимального подъема до 3,300 фт. (1,000 м)
<u>CRUSHER PULLEY DRIVE</u> * Speed at motor pulley: 1500 rpm * Speed at crusher pulley: 600 RPM * Transmission ratio: 1/2,5 * Transmission power: 450 kW * Double jackshaft design	<u>РЕМЕННАЯ ПЕРЕДАЧА ЧЕРЕЗ ШКИВ ДРОБИЛКИ</u> * Скорость шкива двигателя: 1500 об/мин * Скорость шкива дробилки: 600 об/мин * Коэффициент трансмиссии: 1/2,5 * Мощность трансмиссии: 450 кВт * Конструкция с двойным контрприводом
<u>MAINTENANCE CONVENIENCE - SPIDER ASSEMBLY</u> Hydraulic Shell Separators for spider removal. The hydraulic shell separators consist of hydraulic cylinders, which are threaded into collars, which are seated incounter bored holes in the top shell flange. With the use of a hydraulic hand pump, the jacks push up the spider and break the joint fit. All jacks with collars, hand pump, fittings, and hose assemblies are included. Under Crusher Bin Level Sensor Sea packing for Primary Gyrotory Fieldservice PG crusher mechanical 30 d / 10 h Eccentric cart Standard rail mount	<u>УДОБСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ - УЗЕЛ ТРАВЕРСЫ</u> Гидравлические устройства для подъема и удобства демонтажа траверсы. Состоят из гидравлических цилиндров, связанных с ободами, расположенными в отверстиях фланца верхней чаши. С помощью гидравлического ручного насоса зажимы поднимают траверсы и отпускают соединения. Все зажимы обода, ручной насос, переходники и шланги включены в поставку. Датчик уровня бункера под дробилкой Упаковка Гиращионной дробилки для транспортировки морем Механическое обслуживание гиращионной дробилки на площадке 30 дней / 10 часов Стандартный монтаж эксцентрика на рейке тележки
<u>LIV CRANE 100KN</u>	<u>ПОВОРОТНЫЙ КРАН СО СТРЕЛОЙ 100KN</u>

<p>manual operated, not electrified for primary gyratory motor and drive component assembly</p> <p>Basic unit lifting height 2,7m</p> <p>Bogie trolley</p> <p>Pylon, total height 4,3m</p> <p>Crane arm 4,0m long</p> <p>Cold temperature package (-20°C to +40°C)</p>	<p>ручной, не подключен к электричеству для двигателя гирационной дробилки и компонентов привода</p> <p>Высота базового подъемного узла 2,7 м</p> <p>Тележка</p> <p>Опора, общая высота 4,3 м</p> <p>Длина стрелы крана 4,0 м</p> <p>Пакет для работы при холодных температурах (-20°C до +40°C)</p>
<p><u>STEEL SUPPORT AND ACCESS FOR PRIMARY GYRATORY</u></p> <p><u>STEEL SUPPORT AND ACCESS FOR PRIMARY GYRATORY</u></p> <p>Liner access platform,</p> <p>Blower support</p> <p>Main shaft maintenance structure and platform</p> <p>Drive base</p> <p>Maintenance well cover</p> <p>Oil drains, drip trays and collection pipes</p> <p>Access to Lub System</p>	<p><u>СТАЛЬНАЯ ОПОРА И ДОСТУП ГИРАЦИОННОЙ ДРОБИЛКИ</u></p> <p><u>СТАЛЬНАЯ ОПОРА И ДОСТУП ГИРАЦИОННОЙ ДРОБИЛКИ</u></p> <p>Рабочая площадка для замены футеровок,</p> <p>Опора компрессора</p> <p>Конструкция и рабочая площадка для обслуживания главного вала</p> <p>Основание привода</p> <p>Перекрытие отсека для техобслуживания</p> <p>Маслоотвод, маслосборники и сборные трубы</p> <p>Смотровой люк системы маслосмазки</p>
<p><u>DISCHARGE BIN</u></p> <p>Made of concrete Life volume app. 250m³ depend on angle of repose.</p> <p>Anti abrasion steel 400 HB (kg), thickness 20 mm; 10 mm and 8 for bin, doors and cast in frames</p> <p>Surge bin doors</p> <p>Embedded lining support</p> <p>Crusher discharge cast in frame</p> <p>Bin discharge embedded cast in frame</p>	<p><u>РАЗГРУЗОЧНЫЙ БУНКЕР</u></p> <p>Выполнен из бетона, рабочий объем прилб. 250м³ в зависимости</p> <p>Износостойкая сталь 400 HB (кг), толщина 20 мм; 10 мм и 8 мм для бункера, дверей влитого каркаса</p> <p>Дверцы приемного бункера</p> <p>Крепление внутренней футеровки</p> <p>Литая рама разгрузочного отверстия дробилки</p> <p>Разгрузочный бункер с литой рамой</p>
<p><u>ECCENTRIC MAINTENANCE TROLLEY</u></p> <p>designed as welded and bolted steel structure (S235JR) including:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nominal load of Trolley 9.000 kg - Plate flooring made of stud plates - Handrail all around the platform - Access bridge with chassis, handrail and grating. - 4 manual travellers (12,5t load each / 	<p><u>ВАГОНЕТКА ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭКСЦЕНТРИКА</u></p> <p>спроектирована в виде сварной и собранной на болтах стальной конструкции (S235JR):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Номинальная нагрузка на вагонетку 9.000кг - Пол выполнен из профильных плит - Поручни по периметру всей платформы - Мостик с рамой поручнями и решеткой - 4 ручных передвижных механизма

<p>220-310 mm Flange width</p> <p>- Painted according contractor specification</p> <p>Monorail beams for trolley boogeyes</p>	<p>(12,5т нагрузки на каждый / 220-310 мм ширина Фланца</p> <p>Монорельсовая балка для тележки</p>
<p><u>ELECTROMECHANICAL VIBRATING FEEDER</u></p> <p>Passageway 2000 x 2500mm put on resilient blocks</p> <p>Indination 10°</p> <p>Wearing plates at the bottom made in 40 mm and on the sides made in 30 mm anti-abrasive steel 400 HB</p> <p>Two out of balance motors each 7,6kW; 1000 r/min; 240-400V; 50Hz</p>	<p><u>ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ВИБРАЦИОННЫЙ ПИТАТЕЛЬ</u></p> <p>Проходное отверстие 2000 x 2500мм размещенное на опорных блоках</p> <p>Наклон 10°</p> <p>Изнашиваемые плиты днища выполнены из пластин 40 мм, а боковые стороны из 30 мм износостойкой стали 400 HB</p> <p>Два несбалансированных двигателя по 7,6 кВт; 1000 об/мин; 240-400В; 50Гц</p>
<p><u>VIBRATING FEEDER CHUTE WORK</u></p> <p>Vibrating feeder chute consitof:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spilebargate - Feeder discharge cast in frame - Head chute - Discharge chute - Support structure feeder <p>Chute plate work</p> <p>Anti abrasion steel 400 HB, Thickness 16 mm and 8 mm</p> <p>Steel structure</p>	<p><u>ЖЕЛОБ ВИБРАЦИОННОГО ПИТАТЕЛЯ</u></p> <p>Желоб вибрационного питателя состоит из:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Закрывающая заслонка - Литая рама разгрузочного желоба - Главный желоб - Разгрузочный желоб - Опорная конструкция питателя <p>Конструкция из листовой стали</p> <p>Износостойкая сталь 400 HB, толщина 16 мм и 8 мм</p> <p>Металлоконструкция</p>
<p><u>TRANSPORT FCA</u></p> <p>Various places of manufacturing</p> <p>Exact location shall be specified 2 month after Contract Effective Date.</p> <p>Transport FCA Primary Gyratory crusher (various countries of manufacturing) USA, Europe, Brasil and China.</p> <p>Transport FCA Vibrating feeder (country of manufacturing} Europe</p> <p>Transport FCA hydraulic boom and rock breaker (country of manufacturing) Europe</p> <p>Transport FCA steelworks (contry of manufacturing) Europe</p>	<p><u>ТРАНСПОРТИРОВКА FCA</u></p> <p>Различные места изготовления</p> <p>Точное местоположение будет указано в течение 2 месяцев с даты</p> <p>Транспортировка FCA гирационной дробилки первой стадии (разные страны происхождения) США, Европа, Бразилия и Китай.</p> <p>Транспортировка FCA вибрационный питатель (страна происхождения)</p> <p>Транспортировка FCA гидравлический бутобой (страна происхождения) Европа</p> <p>Транспортировка FCA металлоконструкции (страна происхождения)</p>

<u>MECHANICAL ERECTION SUPERVISION</u> Week(s) of mechanical erection supervision	<u>ШЕФМОНТАЖ МЕХАНИЧЕСКИЙ</u> Неделя(и) шефмонтажа механического оборудования
<u>ELECTRICAL ERECTION SUPERVISION</u> Week(s) of electrical erection supervision	<u>ШЕФМОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ</u> Неделя(и) шефмонтажа электрического оборудования
<u>PRIMARY DUMP HOPPER PROTECTOR WALL</u> Protector wall along dump hopper	<u>ЗАЩИТА СТЕНОК ПЕРВИЧНОГО ПРИЕМНОГО</u> Защита стенок по всему бункеру
<u>HYDRAULIC ROCKGRAPPLE</u> Hydraulic 360° rockgrapple Hydraulic quick coupler	<u>ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ГРЕЙФЕР</u> Гидравлический грейфер 360° Гидравлический быстросъемный соединитель
<u>WEAR IMPROVEMENT FOR 54-75 SUPERIOR MKII PRIMARY GYRATORY Г PRICE ADDER)</u> Chrome Alloy Steel Double Tier Design Concaves, including locking pins, and excluding backing material. The Metso Minerals Even Wear Alloy Concaves are designed to perform with the profile of the mantle for optimum performance and productivity. The concaves are designed as twenty equal segments per row and besides the backing material, are held in place as a band or ring through the use of tapered locking pins between each concave. The metallurgy, a fully through hardened air or oil quenched chrome alloy steel. Two alloys or hardnesses are used in the chamber to provide maximum impact and abrasion resistance in the proper areas. The concaves will range from 450BHN to 550BHN depending on application and location within the crushing chamber. In addition to the benefits derived from the design and metallurgy, no lost production or high labor costs are incurred due to the maintenance required in "scarfing" the growth of normal Hatfield manganese concaves* Price is for substitution from manganese steel concaves to chrome alloy	<u>ЗАЩИТА ОТ ИЗНОСА ДЛЯ ГИРАЦИОННОЙ ДРОБИЛКИ 54-75 SUPERIOR MKII ПЕРВОЙ</u> Футеровки неподвижного конуса двухрядного дизайна из хромистого сплава, включая установочные штифты и исключая заливочный материал. Футеровки Metso Minerals Even Wear Alloy равномерного износа разработаны для взаимодействия с профилем подвижного конуса для оптимальной работы и производительности. Футеровки неподвижного конуса спроектированы как двадцать равных сегментов в ряду и кроме заливочного материала крепятся в ряду как кольцо с помощью конических стопорных штифтов между каждой футеровкой. Литые, сквозной закалки воздухом или маслом хромированная легированная сталь. Два сплава или закалка используются в камере для обеспечения максимальной износостойкости в определенных областях. Футеровки классифицируются от 450BHN до 550BHN в зависимости от применения и расположения внутри камеры дробилки. В дополнение к преимуществам конструкции и материал, нет потерь производства и высоких трудовых

steel concaves.(price adder)	затрат, которые существуют при обслуживании "газопламенной очистки" обычных марганцевых футеровок Hatfield.
<u>JIB CRANE 100KN</u> electrical operation all movements for primary gyratory motor and drive component assembly	ПОВОРОТНЫЙ КРАН 100 кН электроуправляемое движение во всех направлениях для монтажа компонентов привода и двигателя гирационной дробилки
Basic unit lifting height 3,01m Bogie trolley Pylon, total high 4,3m Crane arm 4,0m long Electrical control box hung from the hoist Cold temperature package (-20°C to +40°C)	Высота подъема базового устройства 3,01 м Тележка Опора, общая высота 4,3 м Вылет крана 4,0 м в длину Электрический шкаф управления на подъемном механизме Пакет для холодной температуры (-20°C до +40°C)
<u>CABLES</u> Cables for our Automotion equipments	<u>КАБЕЛИ</u> Кабели для оборудования автоматики