

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

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

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України на кафедрі інженерної екології.

Науковий керівник – доктор технічних наук, доцент
Ткачук Костянтин Костянтинович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
завідувач кафедри інженерної екології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Жуков Сергій Олександрович,
Криворізький національний університет,
професор кафедри відкритих гірничих робіт;

кандидат технічних наук, доцент
Кальчук Сергій Володимирович,
Житомирський державний
технологічний університет,
доцент кафедри розробки родовищ
корисних копалин ім. проф. М.Т. Бакки.

Захист відбудеться 11 березня 2016 року о 14⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.002.22 у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 701.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, просп. Перемоги, 37.

Автореферат розісланий «10» лютого 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук



В.В. Вапнічна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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 витрат на бурові роботи, 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: [1] – 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; [2] – участі в розробці методики 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; [3] – встановленні закономірностей впливу довжини заряду та його віддалення від вільної поверхні на характер зони руйнування середовища вибухом; [5] – 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; [6] – обґрунтуванні раціональної відстані між свердловинами, яка може забезпечити розмір шматка гірської породи, що відповідає розмірам приймального отвору сучасних дробарок; [8] – встановленні оптимальних параметрів буропідривних робіт з урахуванням використання свердловин малого діаметру при видобутку скельних порід; [9] – 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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи і показано зв'язок із науковими програмами, сформульовано мету та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність результатів дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу теоретичних і експериментальних досліджень із питань удосконалення технологій виробництва щебеню. Аналіз ринкового попиту показав, що потреба у щебені постійно зростає, як в Україні, так і у Європі, у середньому на 15-20% кожен рік. 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 переподрібною 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 і виявлених при цьому недоліків по даному напрямку, сформульовані наведені вище мета та основні задачі досліджень.

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

Експериментальні дослідження полягали 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. 1. В якості вибухової речовини використовувався «Гранеміт марки И-30-У», а для монтажу вибухової мережі застосовувався детонуючий шнур типу ДНІ з бойками із тротилових шашок.

Таблиця 1 –

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

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. Аналіз отриманих результатів показав, що сума квадратів, яка характеризує зміну виходу негабариту при зміні розмірів мережі свердловин, високозначна. Отже, зміна параметрів розташування свердловинних зарядів істотно впливає на вихід негабариту.

Із застосуванням методу найменших квадратів встановлено залежність виходу негабариту від параметрів розташування свердловинних зарядів, яка може бути описана поліномом 3-го порядку (1). 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. 1, порівняння яких підтверджує високу збіжність результатів.

$$N_{\text{негаб}} = 5,03a^3 - 64,52a^2 + 277,70a - 396,30. \quad (1)$$

Аналіз рівняння (1) показує, що при підриванні зарядів за різної мережі свердловин в діапазоні 3,6-6,0 м вихід негабариту коливається в межах 2-34%. Зі збільшенням відстані між свердловинами вихід негабариту N збільшується. Залежність виходу негабариту від відстані між свердловинами в ряду побудована за усередненими експериментальними даними (рис. 1).

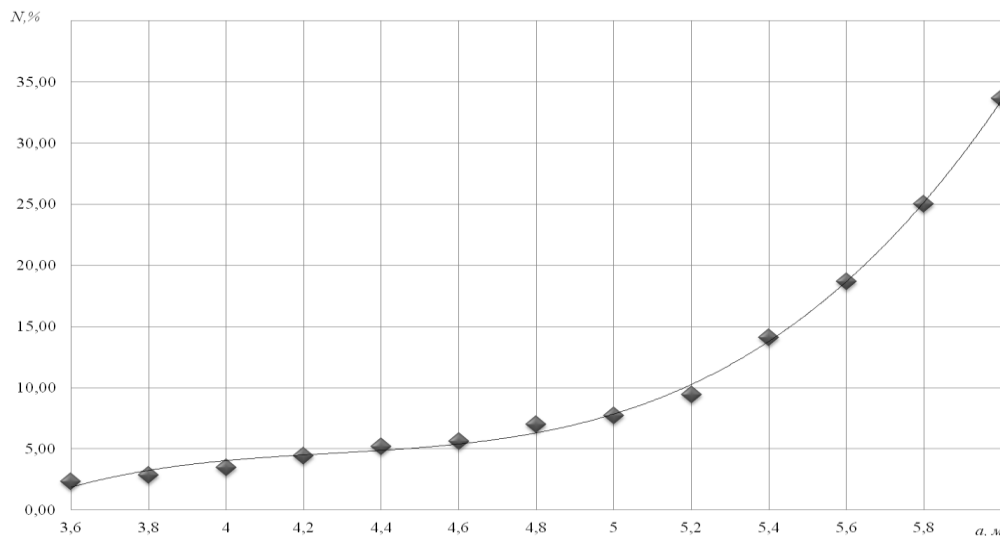


Рис. 1. Залежність виходу негабариту від відстані між свердловинами в ряду

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.

Обґрунтовано, що впровадження технології, яка передбачає розміщення дробарного устаткування в робочій зоні кар'єру у поєднанні з крутопохилим конвеєром уже на стадії буропідривних робіт дозволить отримати прибуток в розмірі 12 041 277 грн. Це можливо за рахунок зменшення на 50% витрат на проведення бурових робіт, кількості використання вибухової речовини та величини екологічного податку; а також зменшення витрат на вторинне подрібнення на 10%.

У третьому розділі проведено аналіз сучасного дробарного обладнання згідно необхідного гранулометричного складу, можливості розширення мережі свердловин та цінкових показників. Показано, що найбільш раціональними для умов високопродуктивних гранітних кар'єрів є гіраційні дробарки, при чому найбільш відповідаючими умовам родовищ є дробарки марок Metso Superior МК-II 54-75 та Sandvik CG820. На основі їх порівняльного аналізу встановлено, що дробарка Metso Superior МК-II 54-75 має перевагу практично за всіма показниками при перевищенні вартості лише на 1,12%.

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

Таблиця 2 –
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 %.

Для обґрунтування з екологічної точки зору заміни дробарного устаткування проведено визначення обсягів викидів пилу при трьох варіантах технологічних схем виробництва щебеню: автосамоскиди – дробарка (СМД-118) за межами кар'єру; автосамоскиди – дробарка (Metso Superior МК-II 54-75) за межами кар'єру; автосамоскиди – дробарка (Metso Superior МК-II 54-75) в межах кар'єру – конвеєр. Аналіз результатів розрахунку показав, що найменша кількість забруднюючих речовин утворюється при технологічній схемі №3 (313,53 т/рік у порівнянні з 836,63 та 1706,16 т/рік при технологічних схемах №1 та №2 відповідно). Річний прибуток при впровадженні технологічної схеми №3 становитиме 7553878,4 грн.

У четвертому розділі обґрунтовано доцільність та необхідність заміни автомобільного транспорту на конвеєрний. Проведено аналіз транспортного обладнання, який виявив, що раціональним для умов високопродуктивних гранітних кар'єрів є конвеєрний транспорт, використання якого дозволяє поліпшити екологічну ситуацію на підприємствах та значно скоротити втрати вантажів при переміщеннях, зберегти їх якість і зменшити їх вплив на навколишнє середовище в порівнянні з автомобільним транспортом. Після порівняльного аналізу типів та конструкцій конвеєрів для детального розгляду обрано крутопохилий конвеєр типу КНК-270, як більш доцільний.

Для дослідження напружено-деформованого стану стрічки конвеєра (рис. 2) застосовано програмний комплекс “Solid Works”, в основу якого покладено метод скінченних елементів. В якості вихідних даних приймалися геометричні параметри кар’єру, технічні та технологічні характеристики конвеєра, фізико-механічні властивості стрічки конвеєра, а також зовнішні навантаження на стрічку (табл. 3). 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.

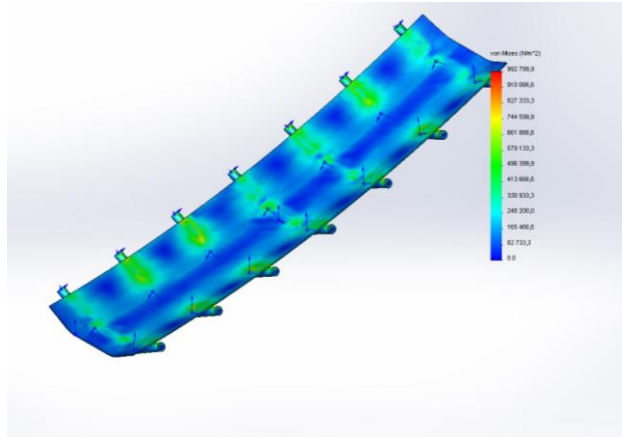


Рис.2. Поля напружень стрічки конвеєра при складно-напруженому стані

Таблиця 3 –

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. З рис. 3 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. Пластичний матеріал починає пошкоджуватись в 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. 3).

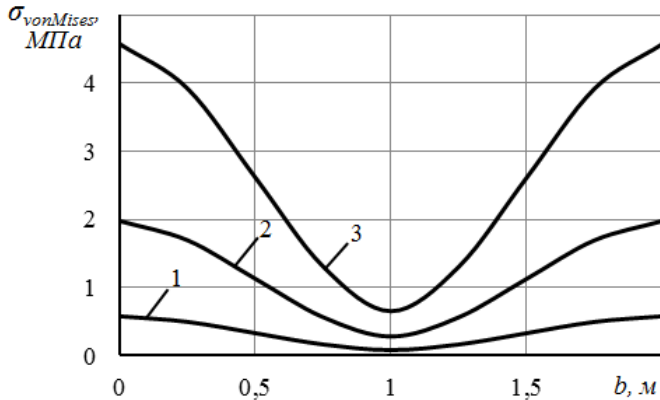
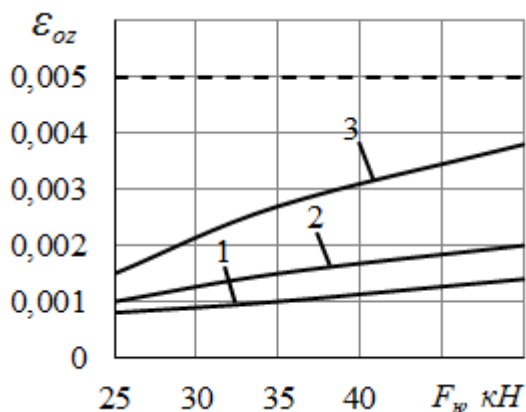


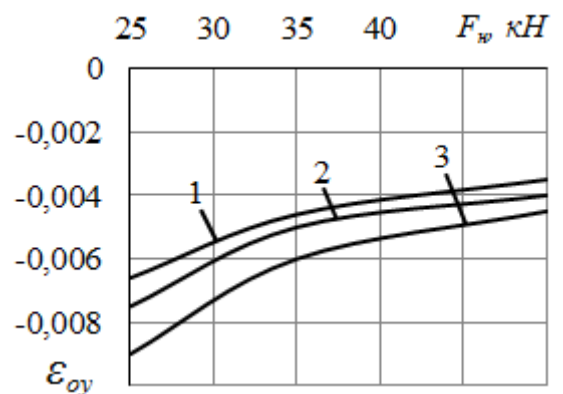
Рис.3. Зміна величини напруження за Мізесом по ширині стрічки крутопохилого конвеєра при: 1 – 50 % навантаженні; 2 – 75 % навантаженні; 3 – 100 % навантаженні

В роботі встановлено залежності величини деформації краю стрічки від її натягу (рис. 4). 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. 4а).

Деформації краю стрічки по ширині (рис. 4б) 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.



а



б

Рис.4. Залежність величини деформації краю стрічки по осі Z (а) та по осі Y (б) від сили натягу стрічки конвеєра при: 1 – 50% навантаженні; 2 – 75% навантаженні; 3 – 100% навантаженні

Для обґрунтування екологічної ефективності застосування крутопохилого конвеєра використано модель аераційного ліхтаря відповідно до методики ОНД-86, що дозволяє розраховувати викиди пилу з урахуванням швидкості та напрямку вітру. Аналіз результатів розрахунку показав, що викиди при застосуванні конвеєру є меншими в порівнянні з існуючою технологічною схемою при використанні автотранспорту. З точки зору забруднення атмосферного повітря конвеєрний транспорт є найбільш екологічним, як в цілому, так і для умов використання його при розробці гранітів на Малинському ГЗК.

У п'ятому розділі представлена циклічно-поточна технологія виробництва щебеню на гранітних кар'єрах, яка 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 здробарки первинного подрібнення до дробарок вторинного подрібнення (на дробарно-сортувальний завод) крутопохилим конвеєром КНК-270 (рис. 5).

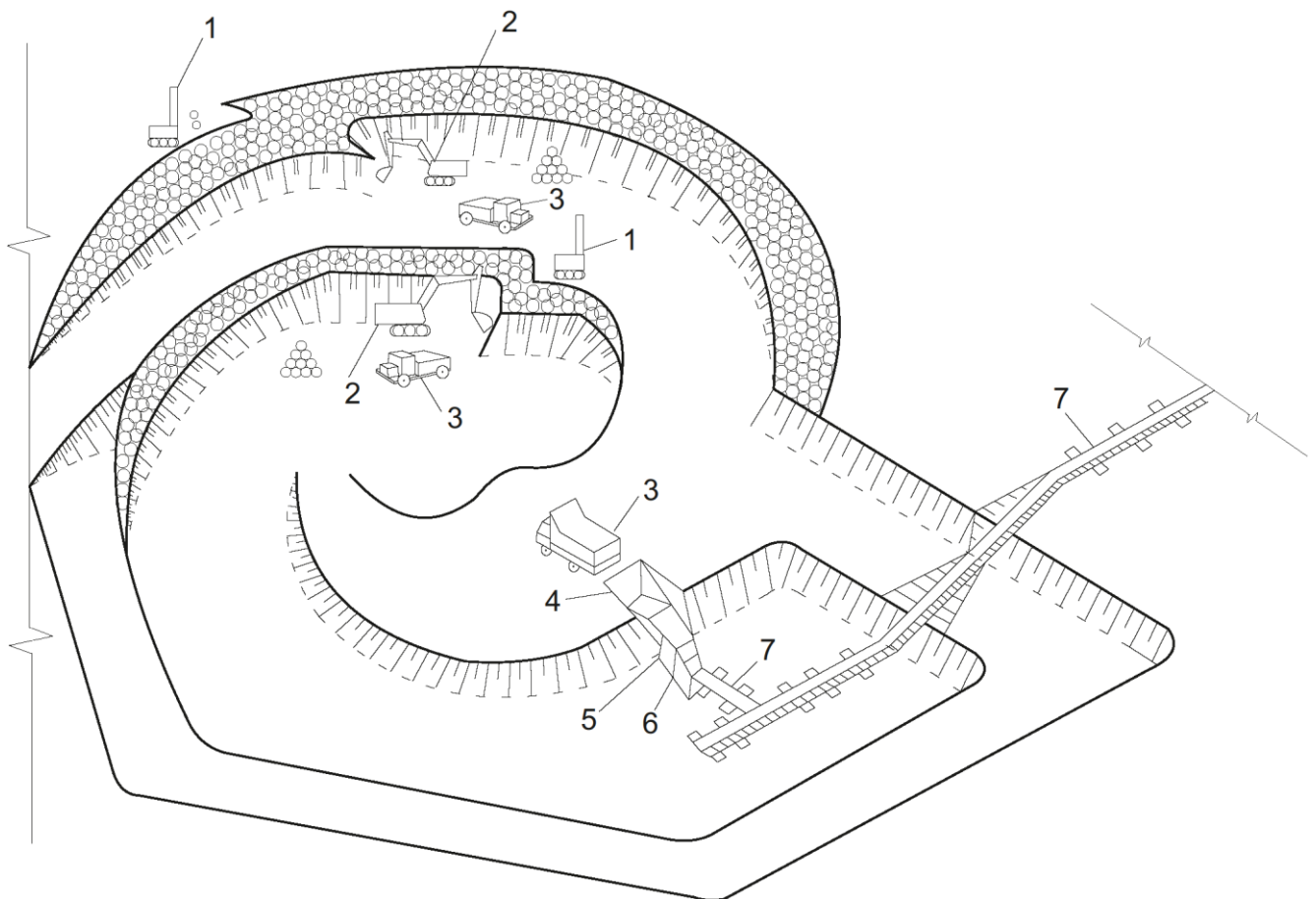


Рис. 5. Циклічно-поточна технологія виробництва щебеню: 1 – свердловий верстат; 2 – екскаватор; 3 – автосамоскид; 4 – бункер; 5 – грохот; 6 – дробарка; 7 – стрічковий конвеєр

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.

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.

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.

Така технологія дозволить зменшити на 50%: витрати на проведення бурових робіт, кількість використання вибухової речовини та величину екологічного податку; а також зменшити витрати на вторинне подрібнення на 10% та 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 запропонованого устаткування становитиме 19595155,4 грн, а термін окупності капіталовкладень не перевищить 14 років.

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 буропідричних 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 м³ при розмірі вхідного отвору дробарки 1,3 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 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 $F_H=25$ кН) до 0,0038 (при 100% навантаженні та $F_H=50$ кН), проте знаходяться в допустимих межах (0,005) для такого типу стрічок.

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 19595155,4 грн, а термін окупності капіталовкладень не перевищить 14 років.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах:

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Дыняк С.В. Совершенствование технологии производства щебня / С.В. Дыняк, К.К. Ткачук // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – 2014. – Вип. 25. – С. 40-44.
2. Методика прогнозування сейсмостійкості охорнюваних об'єктів вблизи проведення взривних работ / С.А. Крайчук [и др.] // Theoretical & Applied Science. – 2014. – № 9(17). – С. 68-73. (входить до: DOI, CrossRef, International Scientific Indexing ISI, РИНЦ, Google Scholar, Research Bible, Open Academic Journals Index, Open Access Journals та ін.).
3. Управление энергией взрыва / К.Н. Ткачук [и др.] // Theoretical & Applied Science. – 2014. – № 11(19). – С. 77-83. (входить до: DOI, CrossRef, International Scientific Indexing ISI, РИНЦ, Google Scholar, Research Bible, Open Academic Journals Index, Open Access Journals та ін.).
4. Дыняк С.В. Аналіз досвіду виготовлення і застосування «Гранеміту» в промислових умовах / С.В. Дыняк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – 2014. – Вип. 26. – С. 32-38.
5. Дыняк С.В. Обґрунтування раціонального типу дробарного обладнання для удосконалення циклічно-поточної технології виробництва щебеню та підвищення продуктивності його роботи / С.В. Дыняк, К.В. Андрасович // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – 2015. – Вип. 27. – С. 37-42.
6. Дыняк С.В. Дослідження впливу технологічних параметрів мереж вибухових свердловин на вихід негабаритів / С.В. Дыняк, О.Г. Лемешко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – 2015. – Вип. 28. – С. 44-49.
7. 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.

У інших науково-технічних виданнях:

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

Тези доповідей на науково-практичних конференціях:

9. Дыняк С.В. Визначення параметрів сітки свердловинних зарядів на уступах кар'єрів / С.В. Дыняк, 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.
10. Дыняк С.В. Циклічно-поточна технологія виробництва щебеню на гранітних кар'єрах / С.В. Дыняк // 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.

АНОТАЦІЯ

Диняк С.В. Розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» МОН України, Київ, 2016.

Дисертаційна робота присвячена розробці циклічно-поточної технології виробництва щебеню на гранітних кар'єрах із застосуванням дробарно-навантажувального пункту в зоні інтенсивного ведення гірничих робіт на базі крутопохилого конвеєра.

В роботі встановлено кореляційні залежності виходу негабариту від параметрів розташування свердловинних зарядів, які забезпечують фракційний склад гірської маси, що відповідає технологічним можливостям високопродуктивного дробарного обладнання первинного подрібнення. Визначено залежність продуктивності гіраційного дробарного обладнання від геометричної форми шматка гірської маси, встановлено залежності напружено-деформованого стану стрічки крутопохилого конвеєра від завантаження стрічки з метою підтримання стабільної продуктивності обладнання.

Ключові слова: вибухова речовина, відстані між зарядами, гіраційна дробарка, гірська маса, крутопохилий конвеєр, напружено-деформований стан, негабарит, параметри, підривні роботи, продуктивність, циклічно-поточна технологія.

АННОТАЦИЯ

Дыняк С.В. Разработка циклично-поточной технологии производства щебня на гранитных карьерах. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.03 – открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» МОН Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-практической задачи, которая заключается в разработке циклично-поточной технологии производства щебня за счет применения современной гирационной дробилки, расположенной на двух спаренных уступах в зоне карьера, в сочетании с крутонаклонным конвейером с целью сокращения количества промежуточного транспортно-погрузочного оборудования и повышения производительности карьера.

В работе выполнен анализ и обобщение научных исследований и практического опыта совершенствования и внедрения комплексных технологических схем производства щебня. Выявлено, что в ряде случаев, известные научные, технические и технологические разработки в полной мере не обеспечивают получения высококачественного щебня, или же обеспечивают, но

продукция теряет свою конкурентоспособность.

Для определения рациональных размеров сетки скважин при условии внедрения циклично-поточной технологии производства щебня проведены экспериментальные исследования влияния параметров расположения скважинных зарядов на выход негабарита с помощью методики однофакторного дисперсионного анализа. Проверка равнозначности полученных в ходе эксперимента результатов по критерию Кохрена позволила утверждать, что все результаты проведенных экспериментов равнозначны.

В работе установлены корреляционные зависимости выхода негабарита от параметров расположения скважинных зарядов, которые обеспечивают фракционный состав горной массы, соответствующий технологическим возможностям высокопроизводительного дробильного оборудования первичного дробления. Доказано, что внедрение циклично-поточной технологии, предусматривающей размещение дробильного оборудования в рабочей зоне карьера, в сочетании с крутонаклонным конвейером, уже на стадии буровзрывных работ позволит получить дополнительную прибыль. Это возможно за счет снижения расходов на проведение буровзрывных работ, уменьшения количества использования взрывчатого вещества, а также снижения величины экологического налога.

Анализ современного дробильного оборудования показал, что наиболее рациональным при внедрении циклично-поточной технологии производства щебня являются современные гирационные дробилки. Определена зависимость производительности гирационного дробильного оборудования от геометрической формы куска горной массы, которая описывается уравнением Кассини. Обосновано, что наиболее целесообразным, с точки зрения производительности, является измельчение в дробилке кусков геометрической формы приближенной к кубу. Это объясняется тем, что они более плотно заполняют рабочее пространство дробилки по сравнению с кусками лещадной (пластинчатой) или игольчатой формы. Загрузка кусков кубовидной формы позволяет использовать технологические возможности дробилки максимально, а, следовательно, достигать высокой эффективности ее работы.

Проведен анализ транспортного оборудования и обосновано, что рациональным для высокопроизводительных гранитных карьеров является конвейерный транспорт (крутонаклонные конвейеры), использование которого позволяет улучшить экологическую ситуацию на предприятиях и значительно сократить потери грузов при перемещениях, сохранить их качество и уменьшить их воздействие на окружающую среду по сравнению с автомобильным транспортом. Установлена зависимость напряженно-деформированного состояния ленты крутонаклонного конвейера (угол наклона 37°) от загрузки ленты (в диапазоне 50-100%) для поддержания стабильной производительности оборудования. Анализ показал, что напряжения Мизеса изменяются по ширине ленты, а их величина в одной и той же точке – в зависимости от загрузки ленты.

Разработка циклично-поточной технологии производства щебня на гранитных карьерах за счет применения современного дробильного оборудования,

расположенного в рабочей зоне карьера, в сочетании с крутонаклонным конвейером позволит повысить экономические показатели предприятий, а также уменьшить негативное воздействие на окружающую среду при реализации технологических процессов по производству щебня.

Ключевые слова: взрывчатое вещество, расстояния между зарядами, гирационная дробилка, горная масса, крутонаклонный конвейер, напряженно-деформированное состояние, негабарит, параметры, взрывные работы, производительность, циклично-поточная технология.

ABSTRACT

Dynyak S.V. Development of the cycle-line technology of crushed stone production on granite quarries. – Manuscript.

The thesis for the degree on candidate of technical sciences, specialty 05.15.03 – open-cast mining of mineral deposits. – National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to development of cycle-line technology of crushed stone production on granite quarries with using crushing and loading equipment in the zone of intensive mining based on the steeply inclined conveyor.

In the work the correlation dependences between quantity of oversized and parameters of hole charges location which provide fractional composition of the rock mass that correspond to the technological capabilities of highly productive primary crushers are established. The dependence between productivity of gyratory crusher and the geometry of a piece of the rock mass is established. The dependences between the indicators of stress-deformed state of steeply inclined conveyor belt and load of the belt to maintain stable productivity of equipment are established.

Keywords: explosive, the distance between the charges, gyratory crusher, rock mass, steeply inclined conveyor, stress-deformed state, oversized, parameters, blasting, productivity, cycle-line technology.

Диняк Сергій Васильович

**Розробка циклічно-поточної технології виробництва щебеню
на гранітних кар'єрах**

05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин

(Автореферат)