

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

Берещук Михайло Вікторович

УДК 622.271

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕРОБКИ ГРАНІТІВ
ВИТАВСЬКОГО РОДОВИЩА НА ЩЕБІНЬ**

Спеціальність – 184 «Гірництво»

АВТОРЕФЕРАТ
магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра

Київ 2019

Дисертація є рукопис:

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Науковий керівник: проф., д.т.н., доц. Фролов О. О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензенти:

Захист відбудеться «___» _____ 2019 р. о ___ на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, к.22. ауд. 511.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сучасні вимоги підвищення якості будівництва вимагають збільшення міцності і довговічності будівельних конструкцій та дорожніх покриттів з асфальтобетону. Найважливішим фактором виконання цих вимог є якість великих заповнювачів (щебеню), витрати на видобуток і переробку яких складають 30-40% вартості будівництва. Якість щебеню залежить як від фізико-механічних властивостей мінеральної сировини, так і технології виготовлення товарної продукції, яка характеризується технологічною схемою переробки корисних копалин та застосовуваним обладнанням. Таким чином, удосконалення технологічної схеми переробки гранітів на щебінь є актуальною науково-технічною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерську дисертацію виконано на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до наукових досліджень кафедри геоінженерії і є складовою частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ДР 0115U005398).

Мета роботи полягає у обґрунтуванні нової технологічної схеми переробки гранітів Витавського родовища на щебінь в умовах ВАТ «Гніванський кар'єр».

Об'єкт досліджень – процес переробки корисних копалин на щебінь.

Предметом досліджень – технологічні схеми переробки корисних копалин.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання дослідження:

1. Провести аналіз технологічного процесу виробництва щебеню, існуючих схем переробки та обладнання;
2. Встановити особливості та принципи формування технологічних схем переробки гранітів на щебінь;

3. Обґрунтувати та виконати розрахунок технологічної схеми виробництва щебню для умов ВАТ «Гніванський кар'єр».

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в роботі мети використано комплексний метод досліджень, який включає комплексний аналіз – для узагальнення результатів теорії практики переробки корисних копалин на щебінь; аналітичний метод – для розрахунку технічних параметрів схеми виробництва щебню в умовах ВАТ «Гніванський кар'єр»; техніко-економічне порівняння – для вибору найбільш ефективної технологічної схеми переробки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

– встановлені особливості та принципи формування технологічних схем переробки корисних копалин на щебінь, компоновочні рішення яких обираються залежно від властивостей гірської породи, застосовуваного устаткування, розміру і необхідної кількості щебню по фракціях;

– встановлено, що для забезпечення завантаження дробарки останньої стадії на 100%, необхідно, щоб дробарка на другій стадії була завантажена на 80-90%, а першій – на 75-80%.

Практичне значення одержаних результатів:

– обґрунтована методика розрахунку технологічної схеми дроблення скельних порід і вибору основного технологічного обладнання;

– доведена ефективність впровадження пропонованої технологічної схеми переробки гранітів на щебінь, при якій вихід відсіву знизився на 1,8 %, а собівартість одиниці продукції (товарного щебню) зменшилась на 5,2 %.

Апробація результатів магістерської дисертації.

Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ присвяченій пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського.

Структура та обсяг роботи. Магістерська дисертація складається зі вступу, 4-х розділів, загальних висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 115 сторінок з 20 рисунками, 23 таблицями, списком літературних джерел з 18 найменувань

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведена актуальність виконання представленої магістерської дисертації. Зазначені основні напрямки науково-технічних досліджень і визначено їх місце у вирішенні проблеми оптимізації технологічної схеми переробки корисних копалин. Показана доцільність і необхідність виконання удосконалення технологічної схеми переробки гранітів Витавського родовища на щебінь в умовах ВАТ «Гніванський кар'єр».

У **першому розділі** проведено аналіз технологічного процесу і обладнання з переробки корисних копалин.

Встановлено, що основними факторами, які впливають на якість переробки скельних порід на щебінь, є гранулометричний склад гірничої маси, що доставляється з кар'єру; форма частинок матеріалу і вміст у породі піщано- і пилових залишків, що утворюються при розробці кар'єрних родовищ; фізико-механічні властивості вихідної сировини, а саме об'ємна маса, вологість, міцність, крихкість і абразивність; тип технологічного обладнання для переробки сировини та технологічна схема дробильно-сортувального заводу.

Технологічний процес дроблення будується на окремих ділянках за замкнутою схемою, а саме, частина дробленого продукту з розмірами, що перевищують допустимі на даній стадії переробки, повертається назад і вдруге пропускається через дробарку.

На сьогоднішній день при дробленні гірничої маси на ДСЗ, яка надходить з кар'єру, застосовуються щоківі, конусні, валкові та роторні дробарки. Щоківі дробарки зазвичай застосовується на першій стадії дроблення гірничої маси, яка надходить з кар'єру. Конусні дробарки широко використовуються при переробці різних гірських порід на усіх стадіях дроблення, але найчастіше на другій і третій стадіях. Залежно від призначення поділяють конусні дробарки для крупного (ККД), середнього (КСД) і мілкового (КМД) дроблення. Валкові та роторні дробарки не набули широкого поширення в технологічних схемах переробки гранітів на щебінь

Встановлено, що у технології виробництва щебню просівання є однією з основних технологічних операцій. Процес просіювання здійснюється на просіювачих поверхнях, в якості яких використовуються колосникові решітки і сита з отворами, що калібруються. У практиці виробництва щебню застосовують двох- і трьохситові грохоти.

Залежно від цільового призначення грохочення розрізняють попереднє просівання, перевірочне (контрольне) просівання, поєднане просівання, товарне просівання. При виробництві щебню застосовують нерухомі колосникові грохоти і віброгрохоти.

У другому розділі наведені загальні відомості, коротка геологічна характеристика Витавського родовища та стан гірничих робіт на кар'єрі. Встановлено, що в межах родовища корисною копалиною є магматити гранато-біотитові частково, зачеплені вивітрянням, а також мігматити і граніти свіжі. Середня потужність пухкого розкриття становить 4,17 м, скельного розкриття – 1,22 м. Середнє значення потужності корисної копалини складає 76,04 м.

Запаси кристалічних порід на Витавському родовищі затверджені в кількості 39180 тис. м³, в т.ч. за категорією C₁ на горизонтах +130 м та +115м – 14581 в тис.м³ (табл. 1).

Таблиця 1 – Запаси корисної копалини Витавського родовища, тис.м³

| Категорія запасів | Залишок | | Гор. +145 м, +115 м (вперше розвідані) | Всього по родовищу |
|-------------------|---|---------------------|--|--------------------|
| | гор. +160м (переведено з C ₂) | гор. +160 м, +145 м | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| А | 11528 | - | - | 11528 |
| В | - | 7263 | - | 7263 |
| А+В | 11528 | 7263 | - | 18791 |
| C ₁ | 4847 | 961 | 14581 | 20389 |
| Усього | 16375 | 8224 | 14581 | 39180 |

Геологічний коефіцієнт розкриття в контурах кар'єру складає $0.071 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

На кар'єрі ВАТ «Гніванський кар'єр» прийнята транспортна система розробки з паралельним посуванням фронту робіт і зовнішнім відвалоутворенням. Розвиток видобувних робіт – у південному напрямку. Розробка корисної копалини на кар'єрі проводиться з застосуванням буровибухових робіт з навантаженням розпушеної гірничої маси одноковшеvim екскаватором ЕКГ-5А з ковшем ємністю $5,2 \text{ м}^3$ у комплексі з автосамоскидами БілАЗ-7523 вантажопідйомністю 42 т.

Параметри систем розробки прийняті відповідно до «Норм технологічного проектування», «Правил безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом» та іншими нормативними документами, і наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Параметри системи розробки

| № п/п | Найменування параметрів | Одиниці виміру | Корисна копалина |
|-------|--|----------------|------------------|
| 1 | Кількість уступів. | шт | 2 |
| 2 | Висота уступів. | м | 15 |
| 3 | Позначки робочих горизонтів. | м | 130,115 |
| 4 | Кути укосів уступів: робочий борт; неробочий борт. | град град | 80 70 |
| 5 | Ширина транспортної берми. | м | 20 |
| 6 | Ширина запобіжної берми. | м | 5 |
| 7 | Ширина робочої площадки. | м | 66 |
| 8 | Довжина фронту робіт (середня). | м | 300 |
| 9 | Ширина бурової заходки. | м | 18,6 |
| 10 | Ширина екскаваторної заходки. | м | 15,3 |
| 11 | Ширина низу в'їзної траншеї. | м | 20,5 |

Усі виробничі процеси на кар'єрі ВАТ «Гніванський кар'єр» виконуються з дотриманням вимог Гірничого закону України. Технологічні процеси видобутку та переробки гірничої маси проектувалися у відповідності до «Норм технологічного проектування гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин». Усі гірничі роботи виконуються згідно «Правил безпеки при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом». Буропідривні роботи виконуються згідно «Типового проекту ведення буровибухових робіт на кар'єрі ВАТ «Гніванський кар'єр».

В третьому розділі проведено обґрунтування вибору та розрахунок технологічної схеми переробки гранітів Витавського родовища на щебінь.

Встановлені особливості та принципи формування технологічних схем переробки корисних копалин на щебінь. Компонувочні рішення технологічної схеми обираються залежно від властивостей гірської породи, застосовуваного устаткування, розміру і необхідної кількості щебню по фракціях. Схема дроблення komponується з окремих вузлів, які відповідають стадіям дроблення та характеризують послідовність операцій дроблення і сортування для тієї чи іншої стадії дроблення. Проведена технологічна оцінка трьохстадійних та двохстадійних схем дроблення, встановлені сфера їх застосування та основні недоліки та переваги. Найбільш застосовувані технологічні схеми переробки гранітів на щебінь наведені на рис. 1-4.

Гнучкість технологічної схеми досягається установкою трьохситових (в деяких випадках – чотирьохситових) грохотів:

- при установці багатоситового грохоту з'являються 2-3 потоки різної крупності, які залежно від бажаного результату можуть бути перерозподілені;
- при необхідності окремі потоки можуть бути розділені (частина потоку виведена як товарний щебінь, інша – спрямована на подальше дроблення);
- заміна сит на сита з іншими розмірами комірок забезпечує отримання продуктів будь-якої крупності;
- перерозподіл потоків забезпечує коригування коефіцієнта завантаження дробарок, а також продуктивності.

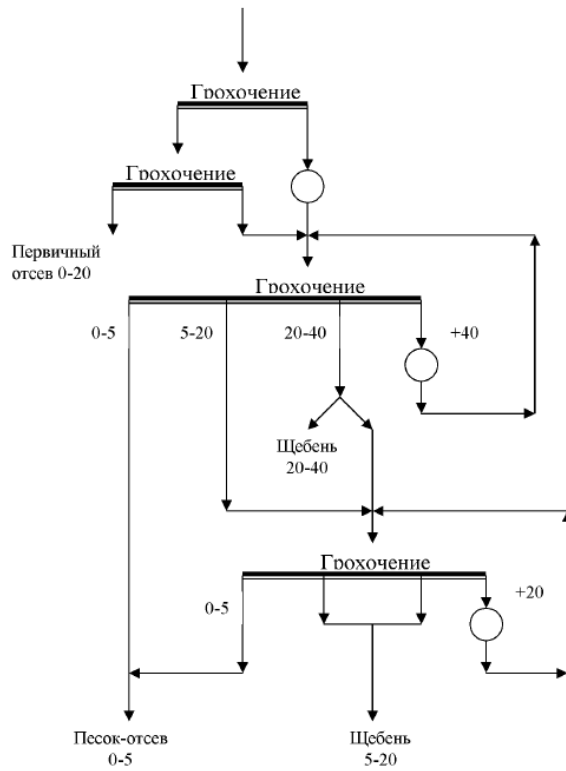


Рисунок 1 – Схема трьохстадійного дроблення порід середньої міцності з отриманням щебню фракцій 5-20 мм і 20-40 мм

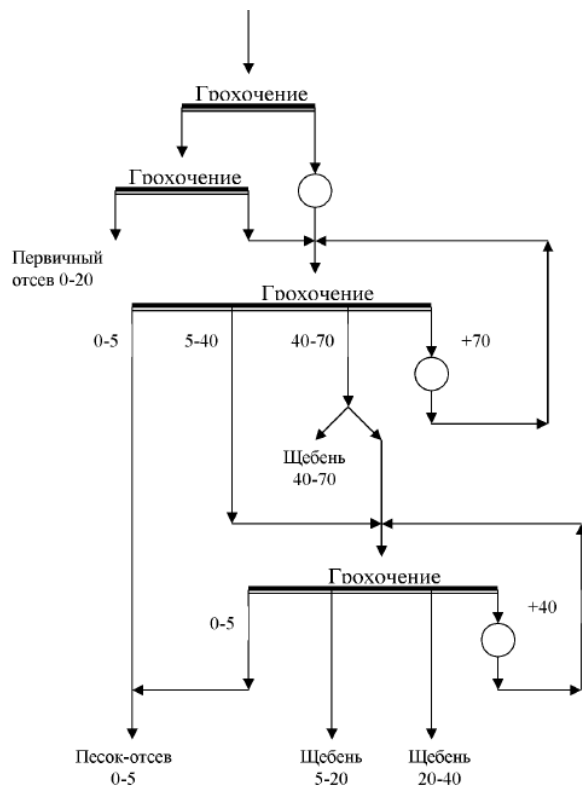


Рисунок 2 – Схема трьохстадійного дроблення порід середньої міцності з отриманням щебню фракцій 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм

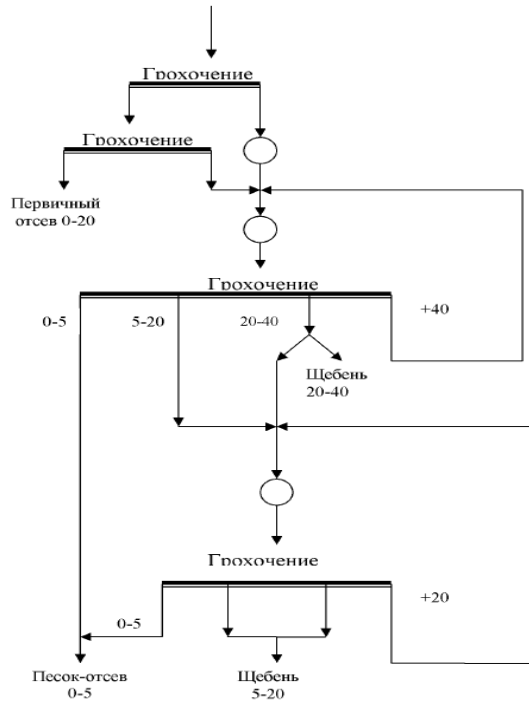


Рисунок 3 – Схема трюхстадійного дроблення міцних і високоміцних порід з випуском щебню фракцій 5-20 мм і 20-40 мм

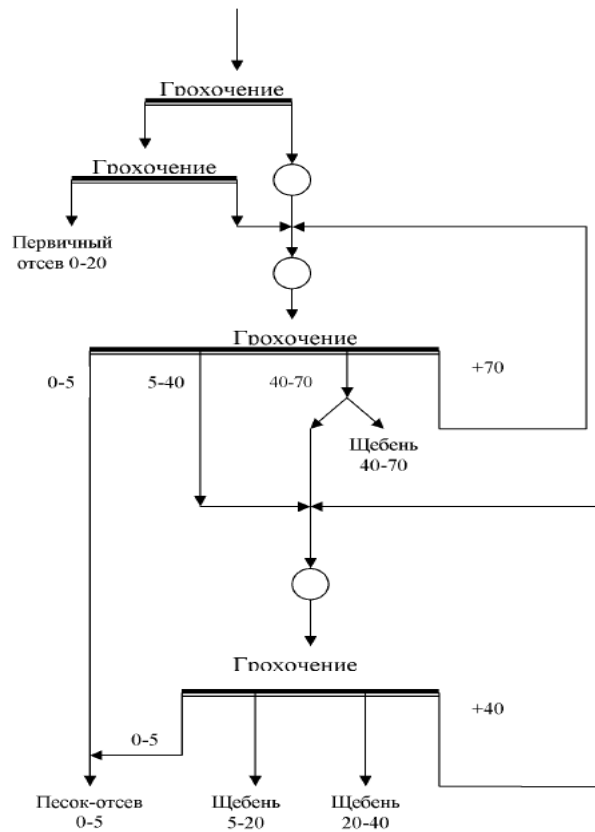


Рисунок 4 – Схема трюхстадійного дроблення міцних і високоміцних порід з випуском щебню фракцій 5-20 мм, 20-40 мм, 40-70 мм

В роботі надана методика розрахунку технологічної схеми дроблення скельних порід і вибору основного технологічного обладнання. При розрахунку схеми дроблення необхідно враховувати, що продуктивність дроблення першої стадії нестабільна у часі. Для ефективного дроблення необхідно, щоб дробарки наступних стадій були завантажені повністю. При проектуванні ланцюг дроблення повинен бути розрахована так, щоб коефіцієнт завантаження дробарки останньої стадії відповідав 100%. Це можна забезпечити, якщо дробарка на другій стадії буде завантажена на 80-90%, а на першій – на 75-80%.

Проведено розрахунок технологічної схеми дроблення та вибір дробильного обладнання ДСЗ ВАТ «Гніванський кар'єр».

Рекомендовано наступне дробильне обладнання:

на I-й стадії – С-200 2000×1500;

на II-й стадії – GP-500S (КИД-1750);

на III-й стадії – НР-400.

Оскільки у гірничій масі, яка надходить з кар'єру, фракцій від 0 до 100 мм більше 20%, а саме 24%, то приймаємо технологічну схему ДСЗ з попереднім грохоченням перед кожною стадією подрібнення. Загальна ступінь подрібнення заводу становить 30 одиниць при необхідних 25.

Технологічна схема, потребує трьохстадійного подрібнення з замкнутим циклом на останній стадії. Перед кожною стадією необхідно проводити грохочення. Замкнутий цикл на останній стадії подрібнення забезпечує можливість регулювання виходу за крупністю і сприяє збільшенню якості щебіньки за рахунок зменшення кусків лещадної та голкоподібної форми.

В четвертому розділі представлений стартап-проект обґрунтування технологічної схеми переробки гранітів Вітавського родовища на щебінь. Встановлено, що ефективні технології виготовлення щебню мають попит на ринку переробки мінеральної сировини, тобто виникає можливість ринкової комерціалізації пропонуваного стартап-проекту. Перспективність впровадження технологічної схеми переробки гранітів на щебінь

встановлюється наявністю потенційних споживачів, зокрема дробильно-сортувальний заводів.

Проведений аналіз конкурентного середовища в сфері гірничих технологій, здійснено SWOT-аналіз можливих загроз, встановлені сильні і слабкі сторони пропонованого стартапу, можливості і загрози реалізації даного проекту впровадження технологічної схеми.

Проведені розрахунки доводять ефективність впровадження пропонованої технологічної схеми переробки гранітів на щебінь, зокрема вихід відсіву знизився на 1,8 %, а собівартість одиниці продукції (товарного щебеню) зменшилась на 5,2 %.

Собівартість виготовлення щебню:

$$C_{1m^3} = \frac{C}{Q_{рік}}, \text{ грн/м}^3 \quad (1)$$

$$C_{1m^3} = \frac{164116638}{500000} = 328,2 \text{ грн/м}^3$$

Приведені затрати:

$$Z_{пр} = C + E_n \cdot K \quad (2)$$

$$Z_{пр1} = 328,2 + 0,15 \cdot \frac{176915000}{50000} = 381,3 \text{ грн}$$

Фондовіддача:

$$\Phi = \frac{Q_{рік} \cdot C_1}{K} \quad (3)$$

$$\Phi = \frac{500000 \cdot 328,2}{17691500} = 9,8$$

Прибуток:

$$\Pi = (Ц - C) \cdot Q_{рік} \quad (4)$$

$$\Pi = (350 - 328,2) \cdot 500000 = 10900000 \text{ грн}$$

Рентабельність:

$$R = \frac{\Pi}{K + C} \cdot 100\% \quad (5)$$

$$R = \frac{10900000}{176915000 + 164116638} \cdot 100\% = 3,2\%$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що основними факторами, які впливають на якість переробки скельних порід на щебінь, є гранулометричний склад гірничої маси, що доставляється з кар'єру; форма частинок матеріалу і вміст у породі піщано- і пилових залишків, що утворюються при розробці кар'єрних родовищ; фізико-механічні властивості вихідної сировини, а саме об'ємна маса, вологість, міцність, крихкість і абразивність; тип технологічного обладнання для переробки сировини та технологічна схема дробильно-сортувального заводу.

2. Аналіз технологічного процесу виробництва щебню показав, що він залежить від характеристик вихідної сировини і вимог, що пред'являються до кінцевого продукту з боку замовників. Технологічний процес дроблення будується на окремих ділянках за замкнутою схемою, а саме, частина дробленого продукту з розмірами, що перевищують допустимі на даній стадії переробки, повертається назад і вдруге пропускається через дробарку.

3. В межах Витавського родовища корисною копалиною є магматити гранато-біотитові частково, зачеплені вивітрянням, а також мігматити і граніти свіжі. Середня потужність пухкого розкриву становить 4,17 м, скельного розкриву – 1,22 м. Середнє значення потужності корисної копалини складає 76,04 м. Запаси кристалічних порід на Витавському родовищі за категоріями затверджені в кількості 39180 тис.м³, в т.ч. за категоріями С₁ на горизонтах +130м та +115м – 14581 в тис.м³.

4. Враховуючи гірничо-геологічні умови залягання корисної копалини, потужність розкривних порід і корисної копалини на кар'єрі ВАТ «Гніванський кар'єр» прийнята транспортна система розробки з паралельним посуванням фронту робіт і зовнішнім відвалоутворенням. Розвиток видобувних робіт – у південному напрямку. Розробка корисної копалини на кар'єрі проводиться з застосуванням буровибухових робіт з навантаженням розпушеної гірничої маси одноковшевим екскаватором ЭКГ-5А з ковшем ємністю 5,2 м³ у комплексі з автосамоскидами БелАЗ-7523 вантажопідйомністю 42 т.

5. Встановлені особливості та принципи формування технологічних схем переробки корисних копалин на щебінь, компоновочні рішення яких обираються залежно від властивостей гірської породи, застосовуваного

устаткування, розміру і необхідної кількості щебню по фракціях. Виконано технологічну оцінку трьохстадійних та двохстадійних схем дроблення, встановлені сфера їх застосування та основні недоліки та переваги. Наведені основні, найбільш застосовувані, технологічні схеми переробки.

6. Представлена методика розрахунку технологічної схеми дроблення скельних порід і вибору основного технологічного обладнання. Встановлено, що при проектуванні ланцюг дроблення повинен бути розрахована так, щоб коефіцієнт завантаження дробарки останньої стадії відповідав 100%. Це можна забезпечити, якщо дробарка на другій стадії буде завантажена на 80-90%, а першої – на 75-80%.

7. Проведено розрахунок технологічної схеми дроблення та вибір дробильного обладнання ДСЗ ВАТ «Гніванський кар'єр». Рекомендовано наступне дробильне обладнання: на *I*-й стадії – С-200 2000×1500(175); на *II*-й стадії – GP-500S (КИД-1750); на *III*-й стадії – НР-40.

Оскільки у гірничій масі, яка надходить з кар'єру, фракцій від 0 до 100 мм більше 20%, а саме 24%, то приймаємо технологічну схему ДСЗ з попереднім грохоченням перед кожною стадією подрібнення. Загальна ступінь подрібнення заводу становить 30 одиниць при необхідних 25.

Технологічна схема, потребує трьохстадійного подрібнення з замкнутим циклом на останній стадії, який забезпечує можливість регулювання виходу за крупністю і сприяє збільшенню якості щебню за рахунок зменшення лещадної та голкоподібної форми. Перед кожною стадією необхідне грохочення.

8. Встановлено, що ефективні технології виготовлення щебню мають попит на ринку переробки мінеральної сировини, тобто виникає можливість ринкової комерціалізації стартап-проекту. Перспективність впровадження технологічної схеми переробки встановлюється наявністю потенційних споживачів, зокрема дробильно-сортувальний заводів. Запропоновані рішення щодо оптимізації технологічної схеми можуть бути впроваджені індивідуально або в комбінації з іншими вдосконаленими гірничими технологіями.

9. Проведені розрахунки доводять ефективність впровадження пропонованої технологічної схеми переробки гранітів на щебінь, зокрема вихід відсіву знизився на 1,8 %, а собівартість одиниці продукції (товарного щебню) зменшилась на 5,2 %.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Берещук М.В. Обґрунтування параметрів технологічної схеми переробки гранітів Витавського родовища на щебінь / М.В. Берещук // II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ присвячена пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського, 21-22 листопада 2019 р./ ІЕЕ КПІ ім. І. Сікорського.– м. Київ, 2019.

2. Берещук М.В., Рибкін К.М., Фролов О.О. Встановлення техніко-економічних критеріїв оцінки шарошечного буріння на кар'єрах / М.В.Берещук, К.М.Рибкін, О.О.Фролов // I Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики", 29-31 травня 2019 р./ ІЕЕ КПІ ім. І. Сікорського.– м. Київ, 2019.

АНОТАЦІЯ

Берещук М. В. Удосконалення технологічної схеми переробки гранітів Витавського родовища на щебінь. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2019.

Дисертація присвячена обґрунтуванню необхідності удосконалення технологічної схеми переробки гранітів Витавського родовища на щебінь для зниження собівартості продукції та покращенню якості товарного щебню

В роботі встановлені особливості та принципи формування технологічних схем переробки корисних копалин на щебінь, компоновочні рішення яких обираються залежно від властивостей гірської породи, застосовуваного устаткування, розміру і необхідної кількості щебню по фракціях. Виконано технологічну оцінку трьохстадійних та двохстадійних схем дроблення, встановлені сфера їх застосування та основні недоліки та переваги. Представлена методика розрахунку технологічної схеми дроблення скельних порід і вибору основного технологічного обладнання. Для умов ВАТ «Гніванський кар'єр» обрана трьохстадійна технологічна схема подрібнення з замкнутим циклом на останній стадії, проведено розрахунок схеми дроблення та вибір дробильного обладнання дробарно-сортувального заводу.

Перспективність впровадження технологічної схеми переробки в якості стартап-проекту встановлюється наявністю потенційних споживачів. Запропоновані рішення щодо оптимізації технологічної схеми можуть бути впроваджені індивідуально або в комбінації з іншими вдосконаленими гірничими процесами.