

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

Люненко Тетяна Олегівна

УДК 622.1

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ ДЛЯ  
ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Автореферат  
магістерської дисертації професійного спрямування  
на здобуття наукового ступеня магістра

Київ-2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України на кафедрі геоінженерії

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент,  
**Вапнічна Вікторія Вікторівна**,  
Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»,  
доцент кафедри геоінженерії.

Захист відбудеться «16» грудня 2019 р. о 14 годині на засіданні ДЕК кафедри геоінженерії в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, Україна, м. Київ, вул. Борщагівська, 115, ауд. 511.

Автореферат виставлено на сайті 2019 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Природний камінь – цінний декоративно-облицювальний і оздоблювальний матеріал, але на деяких кар'єрах, які продукують бут і щебінь, втрачається декоративна складова, тому що обмежується видобуток малотріщинуватих гранітних блоків.

Актуальність даної магістерської дисертації полягає в застосуванні, за потреби, на щебеновому кар'єрі технології видобування облицювальних матеріалів. Це дозволить підвищити технічні, економічні та екологічні показники ефективності виробничої діяльності даного щебенового кар'єру.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі геоінженерії ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського 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 і є складовою частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та технологічного будівництва» (№ ДР 0115U005398) в яких автор брав участь.

**Мета роботи** є розширення номенклатури сировини щебенового кар'єру з метою отримання облицювальної продукції з природного каменю.

Відповідно до поставленої мети сформульовано наступні **задачі дослідження:**

- здійснити порівняльний аналіз і дослідити перспективи розвитку існуючих технологій з видобування та обробки облицювального граніту;
- встановити придатність видобутої блочної сировини в умовах щебенового кар'єру для виготовлення облицювальної продукції.

**Об'єкт дослідження** — процес видобутку блочної сировини в умовах щебених кар'єрів.

*Предмет дослідження* — технологія селективного відпрацювання щебеневого кар'єру.

**Методи дослідження.** Була обрахована площа (спосіб простих геометричних фігур) двох досліджуваних зразків після розпилу на горизонтально-фрезерному верстаті при різних режимах різання. Комплексний аналіз, що включає аналіз і узагальнення досліджень щодо вдосконалення технологій обробки граніту, а також експериментальні дослідження тріщинуватості природного каменю із застосуванням мікроскопу ЛомоМетам Р-1 з CCD відеокамерою Digital КОСОМ, підключеного до ПЕОМ. Портативним профілометром (прилад, яким визначають розмір нерівностей обробленої поверхні – шорсткість) проводилось вимірювання поверхні зразків.

**Наукова новизна** отриманих результатів:

- 1) встановлено придатність граніту для виготовлення облицювальної сировини після буровибухового способу видобування в умовах Звірківського родовища гранітів;
- 2) введена подальша обробка природного каменю алмазним дисковим інструментом для використання в облицювальних роботах;
- 3) визначений економічний технологічний режим різання дисковим інструментом, який впливає на шорсткість досліджуваного зразка; таким чином, що зменшує затрати на полірувальні роботи.

**Практичне значення одержаних результатів:**

- розроблена технологічна лінія, що дозволяє отримати блок граніту правильної форми, з тріщинуватістю не більше 100µm, що придатний по макрогеометричних параметрах в якості облицювальної сировини;
- обґрунтовано використання технології обробки природного каменю дисковим алмазним інструментом в поєднанні з буровибуховим способом видобування сировини;

- проведена експрес-діагностика за допомогою мікроскопа ЛомоМетам Р-1 (після розпилу зразків) з метою порівняння отриманих значень мікротріщинуватості (сіро-червоний – 10-60  $\mu\text{m}$ , червоний – 230-400  $\mu\text{m}$ ).

**Особистий внесок автора в роботах:** [1] – розроблена технологічна лінія, що дозволяє отримати блок граніту правильної форми, з тріщинуватістю не більше 100 $\mu\text{m}$ , що придатний по макроеометричних параметрах в якості облицювальної сировини. [2] – вплив заміни обладнання на продуктивність видобутку корисних копалин родовищ.

**Апробація результатів дисертації.** Основі положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, 2019 р.) та на сьомій всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «молодь: Наука та інновації».

**Публікації.** Результати дисертації роботи опубліковано у 2 матеріалах конференції.

**Структура та обсяг дисертації** Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 98 сторінок з рисунками, таблицями, списком літературних джерел з найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

У **першому розділі** розглянуто:

Відомі теоретичні і прикладні дослідження впливу технологічної тріщинуватості на якість та довговічність блокового каменю та виробів з нього. Родовища блочного декоративного каменю України мають сприятливі гірничо-геологічні умови залягання, невелику потужність покривних порід і

розробляються виключно відкритим способом.

Вимоги до облицовального каменю: можливість одержання блоків необхідних розмірів, форми і характеру поверхні. Блоки облицовального каменю із зазначених порід мають відповідати певним вимогам ДСТУ Б В.2.7-59-97 «Блоки із природного каміння для виробництва облицовальних виробів. Загальні технічні умови».

Процеси різання алмазними дисковими пилами лежать в основі двох технологічних операцій виготовлення облицовальних виробів з природного каменю в стаціонарних заводських умовах – розпилювання і оконтурювання.

У **другому** розділі розглянуто гірничо-геологічні і гірничо-технічні умови Звірківського родовища. А саме, порушені вивітрюванням та незмінні кристалічні породи, представлені, в основному, гранітами, які видобуваються для виробництва щебеню та буту (ДСТУ Б В. 2.7-75-98 та ТУ У В. 2.7-14.1-33885138-003:2009 «Камінь будівельний. Технічні умови»). Загальна потужність їх в контурі підрахунку запасів складає 0,0 - 3,9м, середня – 2,3 м. Балансові запаси Звірківського родовища кристалічних порід затверджені УТКЗ (протокол № 5112 від 06.08. 1991 р.) станом на 01.08. 1991 року склали за категоріями в тис. м<sup>3</sup>: А-4103,9, В-3009,6, С<sub>1</sub>-1280, А+В+С<sub>1</sub>=8393,5. Режим роботи кар'єру на розкривних роботах прийнятий сезонний а на видобувних – цілорічний, по змінах при п'ятиденному робочому тижні.

Термін служби кар'єру в умовах Звірківського родовища гранітів з річною продуктивністю  $A_{річне}=90200$  м<sup>3</sup> дорівнює 87,7 років. Для вказаних умов доцільно використати транспортну систему розробки з внутрішнім відвалоутворенням. Основною водною артерією являється р. Уманка, що протікає у 100м на північ від родовища. На схилах річних долин, струмків, ярів і балок часто проявляються кристалічні породи, що утворюють скельні обриви.

Найбільші абсолютні відмітки району порядку 190-200 м, на терасах вони понижуються до 80-100м, а в долині р. Уманка, в районі родовища не перевищують 159,0-160,0 м. Ріка Уманка характеризується піщаним ложем і

болотистою заплавою, ширина якої місцями досягає 200 м. Ширина русла ріки біля 30-40 м, глибина до 2 м.

Кар'єр Звірківського родовища гранітів знаходиться в 4 км на південний схід від м. Умань Уманського району Черкаської області на правому схилі р. Уманка, в 500 м на схід від шосе Одеса-Київ. Родовище представляє собою куполоподібне підняття, що полого занурюється на схід та південний схід.

Кар'єр овально витягнутий з північного заходу на схід та південний схід. Розміри кар'єру: ширина- 120-280м, довжина 500 м. Кар'єр має 4 уступи: I розкривний і 3 видобувних. В геологічній будові родовища приймають участь граніти уманського комплексу нижнього протерозою. Граніти перекриваються осадочним чохлам четвертинних утворень. Бурові роботи в 1989-1991 роках виконувались колонковим способом, буровим агрегатом УКБ-4с, діаметр буріння - 92/76 мм з застосуванням промивальної рідини (води). Глибина свердловин становила - 29,0-75,0м, вихід керну по розкривних породах - 60-100%, по корисній копалині 81-100%. За результатами дорозвідки родовища в 2012-2013 роках було пробурено дві свердловини станком УРБ - 2,5 М, діаметром 76мм до підрахункового горизонту +88,0 з дна кар'єру в блоці В-І. Вихід керну по корисній копалині становив 80-97%. Переміщення та планування породи на відвалі виконується бульдозером. Розвантаження автосамоскидів проводиться за межею призми обвалення (4,0 м.) із подальшим переміщенням породи під укіс бульдозером.

Розвантажувальна берма на відвалі передбачається із нахилом в бік від укосу не менше як 3 градуси по всьому фронту розвантаження. На бровці залишається породна відсипка висотою не менше 1,0 м та шириною не менше 3,0 м. При плануванні та переміщенні породи під'їзд бульдозером до бровки укосу дозволяється тільки ножем вперед. Автомобілі на поверхні відвалу розвантажуються за можливою призмою обвалення на відстані 3-5 м від верхньої бровки відвалу у місцях, передбачених паспортом відвалу розкривних порід. За існуючою технологією породи скельного розкриву складаються біля під'їзної колії і поступово використовуються для різних

цілей (відсіпки берм, доріг).

У **третьому** розділі наведено матеріали експериментальних досліджень впливу способів руйнування порід при підготовці блоків до виймання та подальшої обробки каменю на його тріщинуватість. Була обрахована площа (спосіб простих геометричних фігур) двох досліджуваних зразків після розпилу на горизонтально-фрезерному станку при різних режимах різання  $S_{\text{сір-чер}}^1 = 48,98 \text{ см}^2$ ,  $S_{\text{сір-чер}}^2 = 52,32 \text{ см}^2$ ,  $S_{\text{черв}}^1 = 89 \text{ см}^2$ ,  $S_{\text{черв}}^2 = 84 \text{ см}^2$  (рис.1).

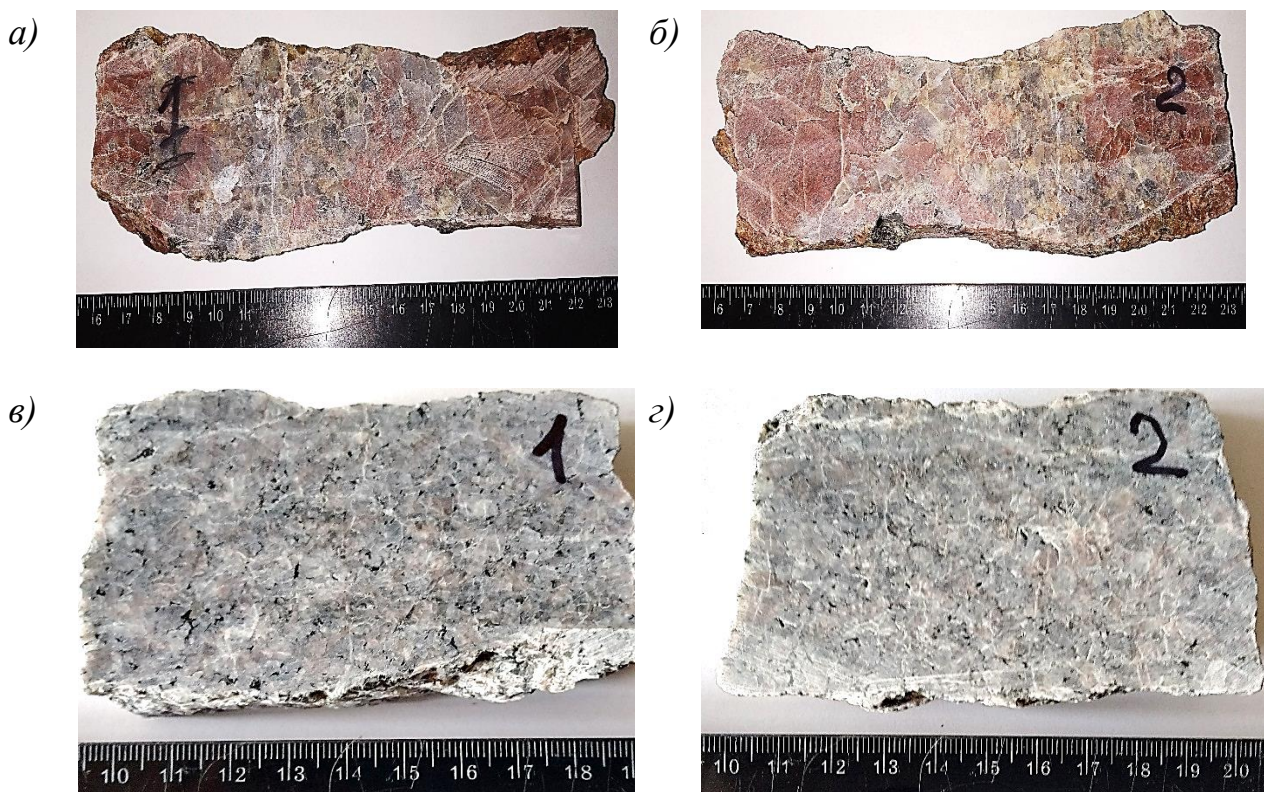


Рисунок 1 – Зразки граніту Звірківського родовища, що розпиляні алмазним диском: *а, б* – червоний граніт, *в, з* – сіро-червоний граніт

Деформаційні властивості гірських порід визначаються багатьма сучасними методами. Найбільш простим методом дефектоскопії є візуальний – неозброєним оком або за допомогою оптичних приладів, він дозволяє виявити лише поверхневі дефекти. З розвитком сучасних технічних засобів можливо провести більш точну оцінку природних каменів. В роботі



використовується методика дослідження, яка була розроблена В.А. Александровим, академіком Інституту надтвердих матеріалів імені В.Н. Бакуля, який застосовував мікроскопічний метод для вивчення робочої поверхні алмазно-абразивного інструмента. До основних параметрів, які характеризують робочу поверхню інструмента, відноситься форма, геометрія і робочий стан зерен, розподілення зерен і відстань між ними в об'ємі алмазного шару і на поверхні робочих елементів, розподіл зерен по виступанню над рівнем зв'язки. За допомогою мікроскопа були виявлені тріщини  $l_{1-10}$ , які безпосередньо впливають на міцнісні характеристики гірської породи. Виявлено, що червоний зразок граніту, взятий з Звірківського родовища, не придатний для декоративно оздоблювального матеріалу, так як глибина тріщин коливається в межах від 230 до 400  $\mu\text{m}$  (дані вимірювання проведені методом «палетки») (рис.2), а також має великі площі кварцевого включення, які перевищують норми (25-30%), що також є причиною його непридатності для оздоблювальних робіт.

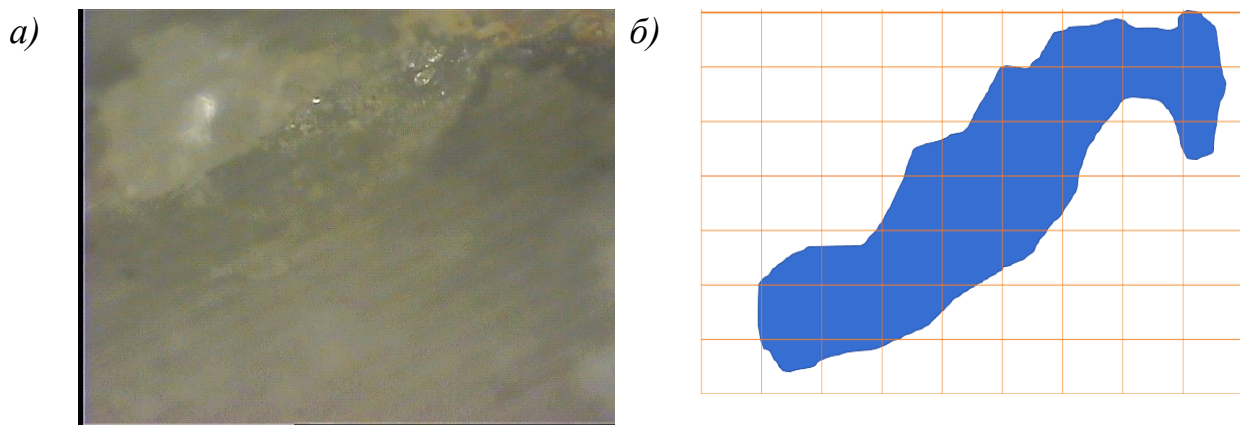


Рисунок 2 – Тріщина червоного граніту, *a)* зображенн тріщини під мікроскопом ЛомоМетам Р-1, *б)* вимірювання розмірів тріщин методом «палетки»

Данні вимірювань сіро-червоного зразку показали, що він має місце у застосуванні в оздоблювальних роботах. Вимірявши поверхню даного зразку портативним профілометром (прилад, яким визначають розмір нерівностей обробленої поверхні – шорсткість), показало, що шорсткість незначна і

відповідає ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности.. Параметры и характеристики», тому придатна для подальшої шліфівки та поліровки ідеального оздоблювального граніту (рис. 3).



Рисунок 3 – Крива шорсткості профілю

З кривої впливають наступні параметри (рис.4):

$R_a$  – середньоарифметичне відхилення профілю;

$R_q$  – середньоквадратичне відхилення профіля;

$R_t$  – максимальна висота профілю;

$R_z$  – найбільша висота профілю;

$R_c$  – середня висота нерівностей профілю;

$RS_m$  – середній крок нерівностей;

$RP_c$  – пікова кількість (пікова щільність)

Par R - ISO 4287 / JIS B0601			
Parameter	Value	Tol-	Tol+
$R_a$	0,446 $\mu\text{m}$	0,000	129,990
$R_q$	0,534 $\mu\text{m}$	0,000	129,990
$R_t$	3,101 $\mu\text{m}$	0,000	129,990
$R_z$	2,043 $\mu\text{m}$	0,000	129,990
$R_c$	1,057 $\mu\text{m}$	0,000	129,990
$RS_m$	55,476 $\mu\text{m}$	0	12 999
$RP_c$	200 /cm	0	1 300

Рисунок 4 – Параметри вимірювань

З результатів проведених досліджень можна зробити висновок що, при збільшенні подачі зростає значення шорсткості поверхні.

В результаті аналізу проб продуктів руйнування з використанням мікроскопу ЛомоМетам, оснащеного відеокамерою, було зображено фрагменти продуктів руйнування гірської породи алмазним зерном та

мікрочастинок матричного матеріалу, при різних режимах різання алмазним дисковим інструментом.

На наступних зображеннях будуть показані продукти руйнування сірого граніту Звірківського родовища, отримані при різі №1 – 315 мм / хв алмазним сегментним відрізним кругом (рис.5).

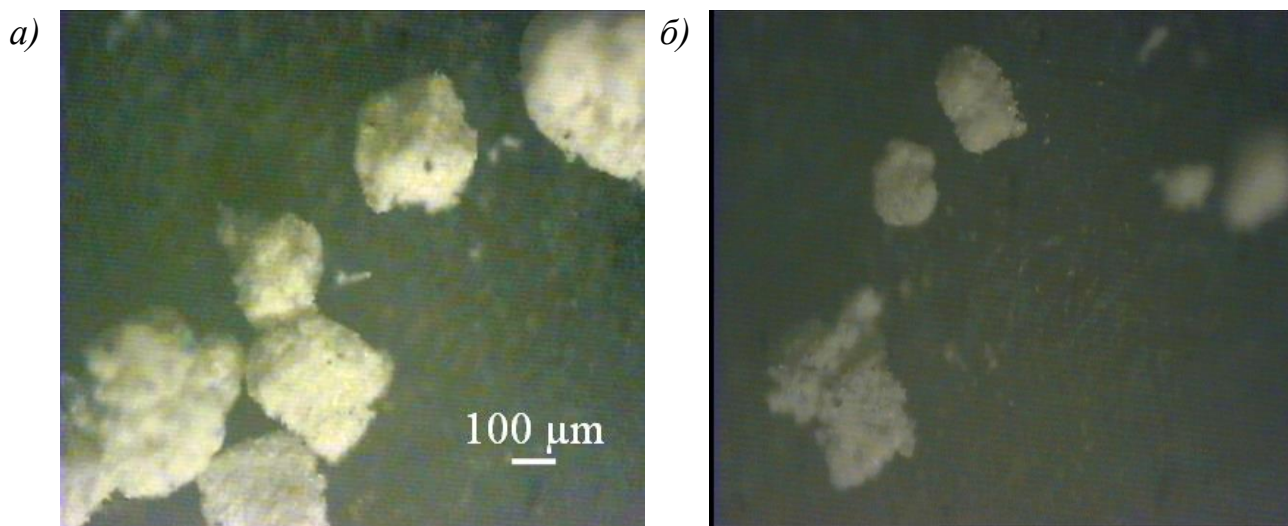


Рисунок 4 – Продукти руйнування граніту *a)* – частинка товщиною 150-200 мкм, *б)* – частинка товщиною 40,90,100,200 мкм

На основі даних досліджень можна зробити такі висновки, що при другому різі відколюються частинки шламу зі значними габаритними розмірами. Процес різання є менш енергоємним, проте відбувається пошкодження поверхні для облицювальних плит.

У четвертому розділі наведений стартап-проект.

### **Висновки**

У даній магістерській дисертації було проведено розширення номенклатури сировини щебеневого кар'єру з метою отримання облицювальної продукції з природного каменю та встановлена технологія селективного відпрацювання щебеневого кар'єру.

Основні наукові та практичні результати роботи полягають:

1. Здійснено порівняльний аналіз видобування та обробки

облицювального граніту за допомогою мікроскопічного методу дослідження із застосуванням мікроскопу ЛомоМетам Р-1 з CCD відеокамерою Digital КОСОМ, підключеного до ПЕОМ;

2. Встановлена придатність видобутої блочної сировини, а саме, сіро-червоного та червоного граніту з глибиною тріщин 10-60  $\mu\text{m}$  та 230-400  $\mu\text{m}$  відповідно, в умовах щебеневого кар'єру для виготовлення облицювальної продукції, в результаті дослідження шорсткості та тріщинуватості зразків, відповідно до ДСТУ Б EN 1467:2007.

3. Портативним профілометром проводилися вимірювання поверхні зразків, виявлено що, при збільшенні подачі верстату зростає значення шорсткості поверхні.

4. В ході досліджень була обрахована площа (спосіб простих геометричних фігур) двох досліджуваних зразків після розпилу на горизонтально-фрезерному верстаті при різних режимах різання.

5. В результаті аналізу проб продуктів руйнування (шламу), методом магнітної сепарації з використанням мікроскопу ЛомоМетам, при різних режимах різання алмазним дисковим інструментом, можна зробити такий висновок, що при другому різі з подачею столу верстату 800 мм / хв відколюються частинки шламу зі значними габаритними розмірами до 900  $\mu\text{m}$ , в порівнянні з подачею столу верстата 315 мм / хв з товщиною 200-300  $\mu\text{m}$ , тому процес різання є менш енергоємним, проте відбувається пошкодження поверхні для облицювальних плит.

6. У процесах видобутку і переробки природного каменю основна частка витрат пов'язана з зносом дорогого алмазного інструменту. При цьому знос інструменту сильно залежить від режимів його експлуатації. Так, при експлуатації видобувного обладнання в області раціональних режимів вартість алмазного інструменту становить 75% від загальної вартості витрат на відділення блоку від масиву, а при експлуатації переробного – 52% від вартості операції на обробку. Якщо алмазний інструмент використовується в режимах, відмінних від раціональних, то цей показник значно зростає. Тому з

метою зниження собівартості і підвищення конкурентоспроможності готової продукції виробів з природного каменю необхідно встановити раціональні режими пиляння, фрезерування і шліфування алмазним інструментом, при яких витрата алмазного інструменту буде мінімальний.

**Основні положення і результати магістерської дисертації  
опубліковані у роботах:**

1. *Люненко Т.О.* Визначення декоративних властивостей гірських порід при різних видах видобування // Т.О. Люненко / Збірник матеріалів II науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів). - Київ. - 21-22 листопада 2019 року. - С. 2-3.

2. *Люненко Т.О., Пикало В.М.* Вплив заміни обладнання на продуктивність видобутку корисних копалин родовища // Т.О. Люненко, В.М. Пикало, В.В. Вапнічна / Матеріали сьомої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "молодь: Наука та інновації", м. Дніпро. – 28-29 листопада 2019. – С. 35–38.

**Анотація**

**Люненко Т.О. Оптимізація використання блочного каменю для оздоблювальних робіт. – 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 поєднання буровибухового способу видобування граніту з подальшою обробкою алмазним дисковим інструментом для виходу блочної сировини в умовах щебеневого кар'єру.

В роботі були проведені дослідження тріщинуватості двох видів граніту щебеневого кар'єру за допомогою мікроскопічного методу

вимірювання, яке проводилося після розпилю зразків алмазним дисковим інструментом.

**Ключові слова:** щебеневий кар'єр, граніти, алмазний дисковий інструмент, тріщинуватість, шорсткість.

### **Summary**

**Liunenکو T.O. Optimization of the use of block stone for finishing works. - The manuscript.**

Thesis for a Master's degree in specialty 184 - Mining - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute", Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the combination of the drilling and blasting method of granite extraction, followed by the processing of a diamond disk tool for the extraction of block raw materials in the conditions of a rubble quarry.

The work investigated the cracking of two types of granite from a rubble quarry using a microscopic measurement method, which was carried out after sawing the specimens with a diamond disc tool.

Keywords: rubble quarry, granite, diamond disc tool, fracture, roughness.

Люненко Тетяна Олегівна

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ ДЛЯ  
ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Автореферат  
магістерської дисертації професійного спрямування  
на здобуття наукового ступеня магістра