

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

Шлапак Володимир Олександрович



УДК 622.1:622.83+622.35

**УПРАВЛІННЯ ЕФЕКТИВНІСТЮ БУРОВИХ РОБІТ
ПРИ ВИДОБУВАННІ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ**

Спеціальність 05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Житомирського державного технологічного університету Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
СОБОЛЕВСЬКИЙ Руслан Вадимович,
Житомирський державний технологічний університет,
доцент кафедри маркшейдерії

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ЖУКОВ Сергій Олександрович,
Криворізький національний університет МОН України,
професор кафедри відкритих гірничих робіт

доктор технічних наук, доцент
ТКАЧУК Костянтин Костянтинович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», завідувач кафедри
інженерної екології

Захист відбудеться 29 вересня 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 «_____» серпня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук



В.В. Вапнічна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. Більшість операцій з видобування блочного декоративного каменю базуються на виконанні бурових робіт, на які припадає близько 50 % від загального обсягу витрат на видобування. Ефективність виконання бурових робіт визначає ефективність подальших операцій відокремлення блочного каменю від масиву. Так, відхилення шпурів від проектного положення призводить до збільшення довжини шпура, а відповідно і до обсягів бурових робіт. При використанні тріщиноутворюючих способів відхилення осі шпурів обумовлює зміну геометрії розподілу сил відколу, що вплине на ефективність та якість процесу відокремлення. Недотримання проектних значень бурових робіт для алмазно-канатного різання і суцільного оббурювання масиву може призвести до збільшення площі відокремлення, зростання витрат на інструмент та погіршення якості блочної продукції. Якість буріння шпурів визначається рядом показників: режимними параметрами процесу буріння, типом та станом бурового інструмента, станом масиву гірських порід, в якому виконуються роботи. За результатами досліджень одним із найбільш перспективних напрямків вдосконалення процесу видобування є оптимізація режимних параметрів бурових робіт з урахуванням горизонтальної тріщинуватості та фізико-механічних властивостей масиву блочного облицювального каменю.

Таким чином, дослідження впливу вказаних чинників на ефективність бурових робіт є **актуальною науково-практичною задачею**, розв'язання якої дасть змогу підвищити ефективність технології видобування декоративного каменю та покращити якість блочної продукції.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась у рамках науково-дослідних робіт «Дослідження ефективності видобування блочного облицювального каменю статичними, квазістатичними та динамічними методами в умовах напружено-деформованого стану масиву» (№ ДР 0113U003686) та «Геостатистичний аналіз просторового розподілу якісних показників покладів будівельної нерудної сировини» (№ ДР 0114U005625), в яких автор брав участь в якості виконавця.

Мета та задачі дослідження. Оцінка впливу природних і технологічних чинників на ефективність бурових робіт при видобуванні декоративного каменю в умовах горизонтальної та субгоризонтальної системи тріщин масиву.

У відповідності до поставленої мети вирішувались наступні задачі:

- розробка моделі процесу буріння для випадків перетину шпурами серії горизонтальних та субгоризонтальних тріщин масиву;
- визначення головних чинників, які призводять до викривлення осі шпурів у масивах блочного каменю;
- обґрунтування методик та засобів контролю якості буріння шпурів;
- встановлення впливу викривлення осі шпурів на ефективність видобувних процесів;
- розробка методики календарного планування бурових та видобувних робіт з врахуванням якості та продуктивності процесу буріння шпурів.

Об'єкт дослідження – процеси підготовки гірського масиву до відокремлення блоків (монолітів) декоративного каменю шляхом буріння шпурів.

Предмет дослідження – показники та закономірності формування відхилень осі шпурів та їх вплив на якість бурових робіт.

Методи досліджень. При виконанні досліджень використовувались такі методи: аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень у галузі оцінки якості природного каменю; математичний апарат теорії планування дослідів; методи та засоби теорії ймовірності та прикладної статистики; графоаналітичний і числовий аналіз; кваліметричне оцінювання, статистичне опрацювання результатів з використанням засобів обчислювальної техніки; лабораторні дослідження; економічний аналіз; гірничо-геометричний аналіз з використанням комп'ютерної обробки відеозображень.

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

- встановлено аналітичні залежності викривлення осі шпура при бурінні в блочних масивах з чітко вираженою горизонтальною та субгоризонтальною тріщинуватістю від параметрів залягання тріщин, що описується оберненою тригонометричною функцією;

- встановлено залежність куткового відхилення шпурів від довжини зони їх перекриття при суцільному оббурюванні масиву у вигляді полінома другого порядку;

- обґрунтовано залежність відхилення шпурів у напрямку, перпендикулярному площині відокремлення від довжини зони перекриття шпурів, яка аналітично описується поліномом другого порядку;

- одержано залежність об'єму втрат сировини від об'єму блоків, зумовлену похибками підготовчого буріння при алмазно-канатному способі відокремлення, яка для родовищ декоративного каменю аналітично описується лінійним рівнянням.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, підтверджують коректність поставлених задач на кожному етапі досліджень застосування апробованих теоретичних та експериментальних методів досліджень з подальшою статистичною та математичною обробкою; встановлені в дисертації положення та закономірності підтверджені практикою (розходження експериментальних та аналітичних досліджень становить 3–14 %).

Теоретичні положення та результати експериментальних досліджень опубліковані у вітчизняних і закордонних фахових виданнях, а також доповідалися на міжнародних та всеукраїнських конференціях.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей формування відхилень шпурів при підготовці до видобування масивів декоративного каменю з розвиненою системою горизонтальних і субгоризонтальних тріщин та оцінці їх впливу на якість бурових робіт.

Практичне значення одержаних результатів:

- створено інклінометричний пристрій з триважільною роликовою системою фіксації на базі мікромеханічного трьохвісного гіроскопу, акселерометра та магнітометра;

- удосконалено методику виносу в натуру елементів збійки двох горизонтальних свердловин при підготовці до бурових робіт за допомогою маркшейдерських приладів;
- встановлено критерії та розроблено методику оцінки відхилення шпурів у площині, перпендикулярній напрямку утворення щілини при суцільному бурінні;
- розроблено методику вимірювання відхилення шпурів у площині, паралельній напрямку утворення щілини;
- створено пристрій на базі лазерних маркерів для забезпечення максимальної точності збійки вертикальної та горизонтальної свердловин, які задають площину алмазно-канатного різання;
- визначено оптимальне значення довжини зони взаємного перекриття шпурів при суцільному оббурюванні масиву;
- запропоновано методику календарного планування видобувних робіт на основі геопросторового моделювання тривалості робочого циклу буріння шпурів.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на каменевидобувному підприємстві ТОВ «Поліський лабрадорит» та у навчальному процесі Житомирського державного технологічного університету при підготовці бакалаврів за напрямом 6.050301 «Гірництво» та спеціалістів зі спеціальності 7.05030101 «Розробка родовищ та видобування корисних копалин (за способом розробки)», що підтверджується відповідними актами.

Особистий внесок здобувача в публікаціях із співавторами:

[4] – обґрунтовано параметри пасерування блоків каменю шпуровими методами та мінімально допустимі значення відстані від осі шпура до вільної поверхні;

[5] – розроблено методику дослідження оцінки впливу точності буріння шпурів на ефективність алмазно-канатного різання;

[6] – отримано результати впливу величини зони перекриття шпурів на ефективність технології суцільного буріння, проведено натурні спостереження та здійснено аналіз одержаних даних;

[10] – розглянуто внесок підготовчих робіт у формування обсягів відвалів кар'єрів;

[11] – висвітлено проблеми, пов'язані з процесом варіограмного аналізу;

[12] – проведено аналіз ефективності використання геоінформаційної системи К-Mine для оцінки виходу негабариту;

[13] – проведено збір інформації про параметри покладів лабрадоритів у Житомирській області.

Апробація результатів дослідження. Основні наукові положення та практичні рекомендації обговорювались на наступних національних і міжнародних науково-практичних конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки» (м. Дніпропетровськ, Україна, 2001 р.); IV Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 2001 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 2003 р.); V Міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (м. Київ, Україна, 2013 р.); VI Міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (м. Київ, Україна, 2014 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції

студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, Україна, 2015 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Теорія та практика видобування, обробки та застосування природного каменю» (Магнітогорськ, Росія, 2016 р.).

Публікації. Основні результати дослідження опубліковано у 13 наукових працях, з них 6 – у фахових виданнях, з яких 2 статті – у збірниках наукових праць, що включені до переліку міжнародних науково-метричних баз даних «Scopus», «Index Copernicus», «eLibrary», «Scientific Indexing Services», «Academic Resource Index "ResearchBib"», «WorldCat», «Eurasian Scientific Journal Index», 7 – у збірниках матеріалів національних і міжнародних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів і висновку, викладених на 131 сторінці основного тексту, містить 54 рисунки, 18 таблиць, список використаних джерел (114 найменувань) і додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

Перший розділ присвячено аналізу теоретичних напрацювань і експериментальних досліджень буріння шпурів, закономірностям розвитку тріщинуватості та її впливу на ефективність видобування блочного облицювального каменю.

Проаналізовано роль бурових робіт у загальному процесі видобування декоративних порід на основі аналізу напрацювань таких учених, як: Л. А. Шрейнер, О. А. Шаповал, М. Ж. Музапаров, М. Т. Бакка, О. Б. Синельников, С. О. Жуков, М. І. Моторний, С. Т. Агеєв, Ю. Г. Карасьов, О. І. Косолапов, М. М. Анощенко, К. К. Ткачук, А. Г. Смірнов та інших. Встановлено, що від якості видобувних робіт значною мірою залежить якість видобутого каменю та продуктивність кар'єру. Аналітичними дослідженнями встановлено, що усі розглянуті фактори впливу на ефективність виконання бурових робіт можна поділити на 2 групи. До першої відносяться природні чинники: для умов кар'єрів блочного каменю це просторове розташування горизонтальних та субгоризонтальних тріщин. До другої групи відносяться технологічні чинники – продуктивність буріння, діаметр шпура та його довжина. Обґрунтування ролі перелічених чинників дозволить встановити межі регулювання якісно-продуктивних процесів та операцій у кар'єрі.

Встановлено, що характер розподілу горизонтальних та субгоризонтальних тріщин у межах родовища обумовлює диференціацію умов буріння для різних ділянок кар'єру блочного каменю. Аналіз літературних джерел показав, що в практиці бурових та видобувних робіт відсутні ефективні засоби контролю якості буріння, розробка яких дозволить забезпечити оперативне керування процесом буріння.

За результатами проведеного аналізу наукових джерел і практики здійснення бурових та видобувних робіт і виявлених при цьому недоліків сформульовані наведені вище мета й основні задачі дослідження.

У другому розділі наведено розробку методики та засобів контролю якості бурових робіт. Описано механізм процесу викривлення бурової штанги у вибої шпура при зустрічі з площиною тріщин. Встановлено, що відхилення зумовлені різницею кута зустрічі бурової коронки з площиною горизонтальної або субгоризонтальної тріщини (рис. 1).

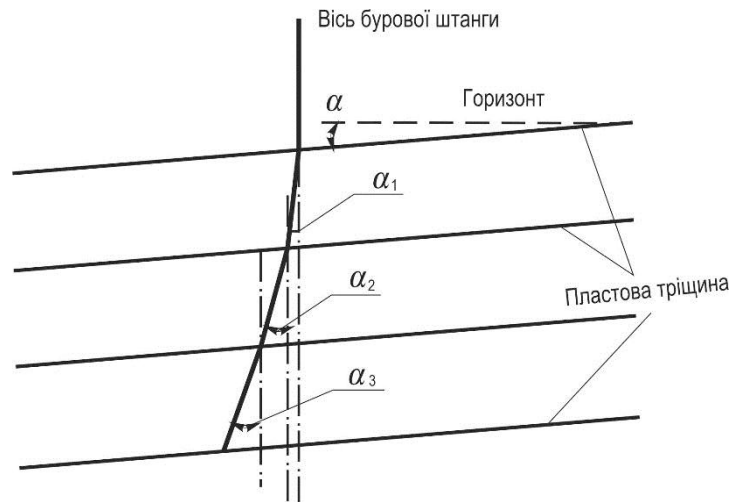


Рис. 1. Механізм викривлення осі шпура (свердловини) при перетині з серією субгоризонтальних пластових тріщин

Доведено, що кожна з цих тріщин змінює значення кута відхилення осі шпура, при цьому викривлення осі шпура внаслідок перетину з першою тріщиною збільшує кут перетину з усіма наступними тріщинами.

Встановлено аналітичну залежність викривлення осі шпура при бурінні в блочних масивах з чітко вираженою горизонтальною та субгоризонтальною тріщинуватістю від параметрів залягання тріщин, що описується оберненою тригонометричною функцією:

$$\gamma = \arcsin \sum_{i=1}^n \left(\frac{F_D l_i^2 \sin(2(\alpha_i + \alpha_{i-1}))}{6EJ} \right), \quad (1)$$

де F_D – сила тиску долота на вибій, Н; E – модуль поздовжньої пружності бурової штанги, Н/м²; J – момент інерції перерізу штанги, м⁴; n – кількість субгоризонтальних тріщин, шт.; l_i – довжина шпура до зустрічі з i -ю тріщиною, м; α_i – i -й кут між віссю шпура та площиною поточної тріщини, градуси; α_{i-1} – кут між віссю шпура та попередньою тріщиною, градуси.

Обґрунтовано критерій для визначення максимально допустимих значень відхилення шпура в стрічці від вертикалі, який базується на умові виключення перетину його з сусідніми шпурами.

Обґрунтовано, що від зусилля подачі P бурового інструменту на вибій в значній мірі залежить, як якість процесу буріння, так і його продуктивність. Задача управління якістю зводиться до керування технологічним показником зусилля подачі на вибій, при якому будуть дотримуватися оптимальні значення продуктивності та якості буріння (2).

$$\begin{aligned} Q_{\text{бур}} &= F(f, P, \omega, q) \rightarrow \max \\ \Delta(\varphi, \theta) &= F(P, \alpha, \beta) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (2)$$

де f – міцність порід, кН; ω - частота обертання бурового долота об/хв; q – продуктивність компресора з видалення бурового дріб'язку, м³/хв; α та β - відповідно кут падіння та кут простягання пластової або субгоризонтальної тріщини, град.

Виконані дослідження ефективності бурових робіт при заданих параметрах стрічки шпурів та номінальних режимах буріння дозволили встановити, що основними геологічними параметрами для родовищ декоративного каменю є кут нахилу субгоризонтальних тріщин та частота їх прояву.

Аналіз одержаних результатів дозволив виділити значення мінімальних кутів падіння субгоризонтальних тріщин, більше за які викривлення осі шпура буде критичним: при перетині однієї субгоризонтальної тріщини – 2°, двох і трьох тріщин – 1°30'. Досягти зменшення викривлення шпура можливо, мінімізуювши зусилля подачі на вибій до 10–20 % від номінального зусилля.

Було виконане дослідження впливу відхилення шпура від проектного положення на ефективність розколювання монолітів і блоків. Обґрунтовано, що у випадку відхилення шпура в довільному напрямку, який не залежить від наміченої лінії відколу, необхідно враховувати зенітний кут осі шпура θ , азимутальний кут φ , діаметр та його довжину (рис. 2).

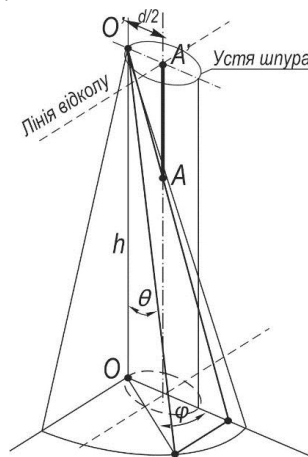


Рис. 2. Схема визначення довжини лінії перетину шпура з площиною відколу каменю

Встановлено залежність зміни питомої площини відколу від значень азимутального φ та зенітного кутів нахилу осей шпурів в стрічці (рис. 3). Залежність

питомої площі відокремлення від параметрів видобування та кутів нахилу (азимутального та зенітного) шпура описується функцією виду:

$$S' = \frac{d^2}{2h \cdot l_{um} \cdot \cos \varphi \tan \Theta} \quad (3)$$

де d – діаметр шпура, м; l_{um} – відстань між осями сусідніх шпурів, м; h – висота уступу, м; φ – зенітний кут, град; Θ – азимутальний кут, град.

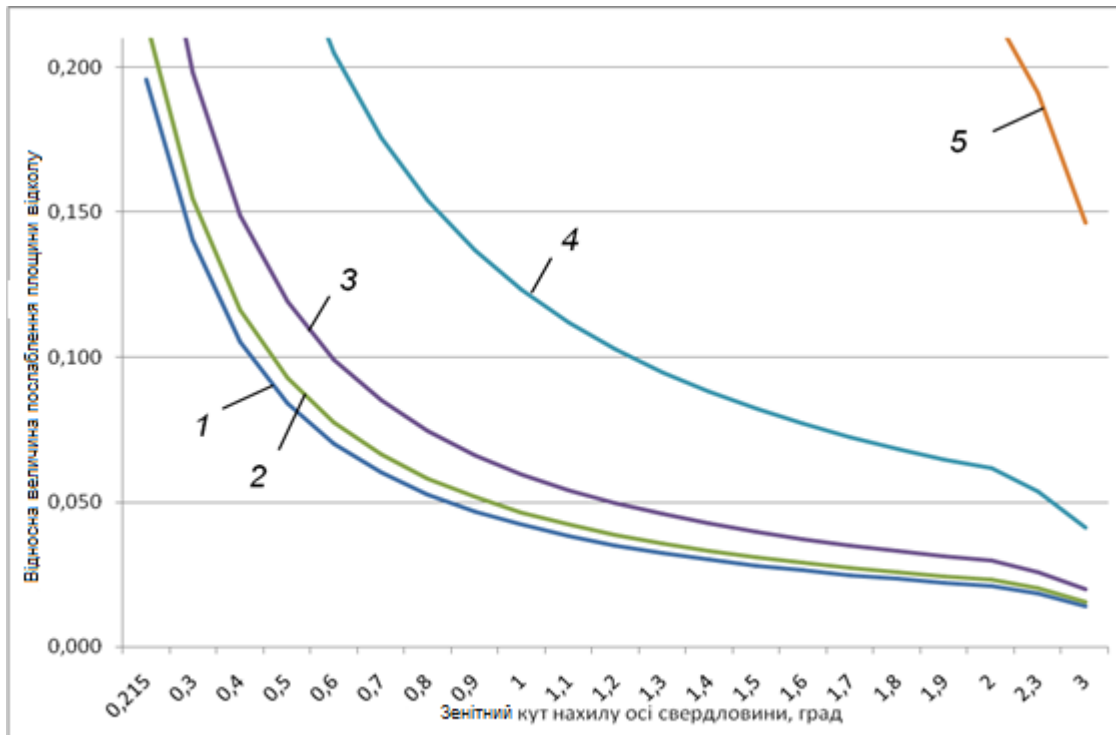


Рис. 3. Зведений графік залежності значення питомої площини відколу від зенітних кутів відхилення осі шпурів при заданих азимутальних кутах відповідно:

1 – 0°, 2 – 25°, 3 – 45°, 4 – 70°, 5 – 80,4°.

Аналіз виконаних досліджень показав, що збільшення азимутального кута нахилу осі шпура прямопропорційно впливає на збільшення порогу впливу зенітного кута на довжину шпура. При $\varphi = 70^\circ$ цей поріг збільшується з $0,215^\circ$ до $0,7^\circ$, при $\varphi = 84,5^\circ$ вплив зенітного кута на довжину шпура в площині лінії наміченого відколу починається з 2° . Доведено, що зенітні відхилення шпура в площині відколу ($\varphi = 0^\circ$) не зменшують відносну величину послаблення площини відколу та з точки зору силових параметрів процесу не здійснюють відчутного впливу на зменшення ефективності відколу каменю статичними методами. Найбільш небажаним для процесу відколу є азимутальний нахил шпура відносно лінії відколу на 90° , оскільки при такому значенні якість буріння буде погіршуватися, починаючи вже з $0,21^\circ$ відхилення зенітного кута. При діапазоні азимутального кута від 0° до $5,5^\circ$ вплив відхилення зенітного кута на якість буріння

майже нівелюється, що дозволяє вважати ці кути найбільш оптимальними для технології буріння шпурів у тріщинуватих зонах.

Встановлено, що співпадання лінії відколу з напрямом падіння субгоризонтальних тріщин забезпечить дотримання просторової локалізації шпурів в одній вертикальній площині та дозволить забезпечити дотримання номінальних значень відносної величини послаблення площини відколу при відокремленні каменю.

Для контролю відхилення шпурів було розроблено інклінометричний пристрій з трьохважільною роликовою системою фіксації та мікромеханічним трьохосьовим гіроскопом та акселерометром (рис. 4).

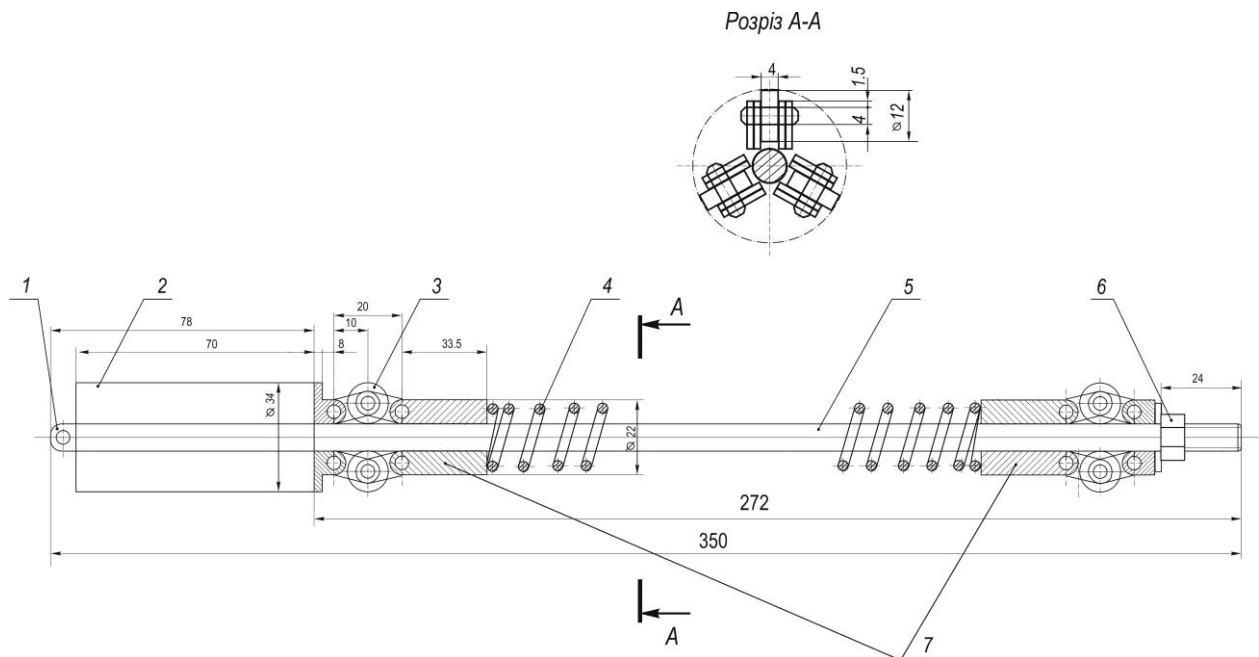


Рис. 4. Механічна частина інклінометричного пристрою для проведення вимірювання в шпурах малого діаметра

Особливістю розробленого інклінометра є можливість виконання дослідження з високою швидкістю приблизно 26 м/хв, що у перерахунку на 1 шпур глибиною 6 м дає час виконання вимірювань 28 – 30 секунд. Така швидкість обумовлена конструкцією центруючих роликів інклінометра і є достатньою для виконання експрес вимірювань без впливу на продуктивність процесу видобування.

Суть методики проведення інклінометричних вимірювань полягає у встановленні значень кутів нахилу осі шпура (зенітного та азимутального) у кожній точці шпура за глибиною. Фіксація результатів вимірювань здійснюється на напівпровідниковий пристрій зберігання інформації, а керування усім процесом вимірювання та запису даних здійснюється за допомогою мікроконтролера.

У **третьому розділі** наведені результати дослідження впливу відхилення шпурів на ефективність технологічних процесів при видобуванні блочного каменю та запропоновані заходи щодо його мінімізації.

Виконано моделювання розподілу полів напружень у горизонтальному перерізі, перпендикулярному до осей стрічки шпурів в програмі RocScience Examine 2D (рис. 5), за результатами якого встановлено, що з позиції геомеханіки найменший вплив дії полів напружень на ефективність процесу відколу здійснює відхилення осі шпурів у площині стрічки. Відповідно найбільш небажаним є відхилення шпурів у перпендикулярному напрямі.

За змодельованим розподілом механічних напружень навколо шпура побудовано епюру напружень за перерізом у площині відколу. Виходячи з аналізу, одержаних при моделюванні даних було встановлено, що допустимі межі азимутальних відхилень шпурів при способі відколу з використанням НРС не повинні перевищувати таких значень, при яких найближча точка стінки шпура буде знаходитися далі від наміченої лінії відколу на відстані, рівній величині радіуса цього шпура. Тобто, при найбільш поширених параметрах стрічкового способу відокремлення при висоті моноліту 5–6 м, діаметрі шпурів 38–42 мм азимутальні відхилення не повинні перевищувати $0^{\circ}28'12''$. А при бурінні парновіддалених шпурів у площині відколу їх сумарне зенітне відхилення не повинно перевищувати падіння механічних напружень по лінії відколу більше ніж на 80 % (умова забезпечення утворення суцільної тріщини між шпурами). Сумарне зенітне відхилення шпурів у площині відколу не повинно перевищувати $0,62$ градуса ($0^{\circ}37'12''$).

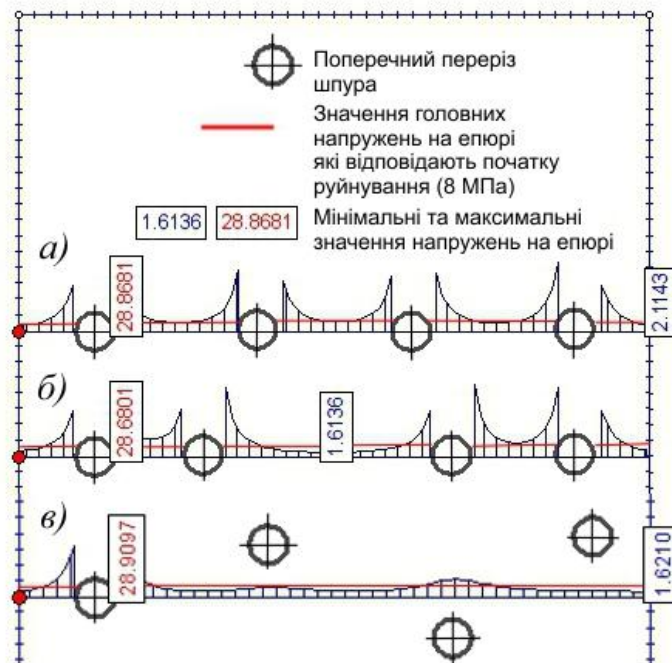


Рис. 5. Епюри напружень вздовж лінії розколу, отримані при моделюванні в програмі Examine 2D 8.0 (Rocscience):

- а) шпури без відхилення їх осі; б) відхилення шпурів у площині відколу;
- в) відхилення шпурів за довільним напрямком.

Досліджено вплив неточності збійки двох свердловин на якість підготовки до алмазно-канатного способу видобування. Встановлено, що неточність збійки

найчастіше зумовлена неточністю встановлення бурового верстата, тріщинуватістю масиву та напруженнями в масиві.

Одержані аналітичні вирази для оцінки додаткових площ різання, які виникають внаслідок відхилень площиноутворюючих шпурів для трьох найбільш поширених випадків:

- 1) для випадку відхилення горизонтального шпура:

$$S_{\text{різ дод}} = HB \left(\frac{1 - \cos \beta_{\text{гор}}}{2 \cos \beta_{\text{гор}}} \right); \quad (4)$$

- 2) для випадку відхилення вертикального шпура:

$$S_{\text{різ дод}} = H \left(\frac{1}{2} \left(\frac{\cos \beta_{\text{вер}} + 1}{\cos \beta_{\text{вер}}} \right) (B + \sqrt{B^2 + (H \operatorname{tg} \beta_{\text{вер}})^2}) - B \right); \quad (5)$$

- 3) для випадку відхилення вертикального та горизонтального шпурів:

$$S_{\text{різ дод}} = HB \left(\frac{(\cos \beta_{\text{вер}} + 1)(\cos \beta_{\text{гор}} + 1)}{4 \cos \beta_{\text{гор}} \cos \beta_{\text{вер}}} - 1 \right), \quad (6)$$

де $\beta_{\text{вер}}$ – кут відхилення вертикального шпура, град.; $\beta_{\text{гор}}$ – кут відхилення горизонтального шпура, град.; H – висота моноліту, м; B – ширина моноліту, м.

Графічна залежність збільшення площі алмазно-канатного різання від можливих кутів відхилення вертикального шпура представлена на рис. 6.

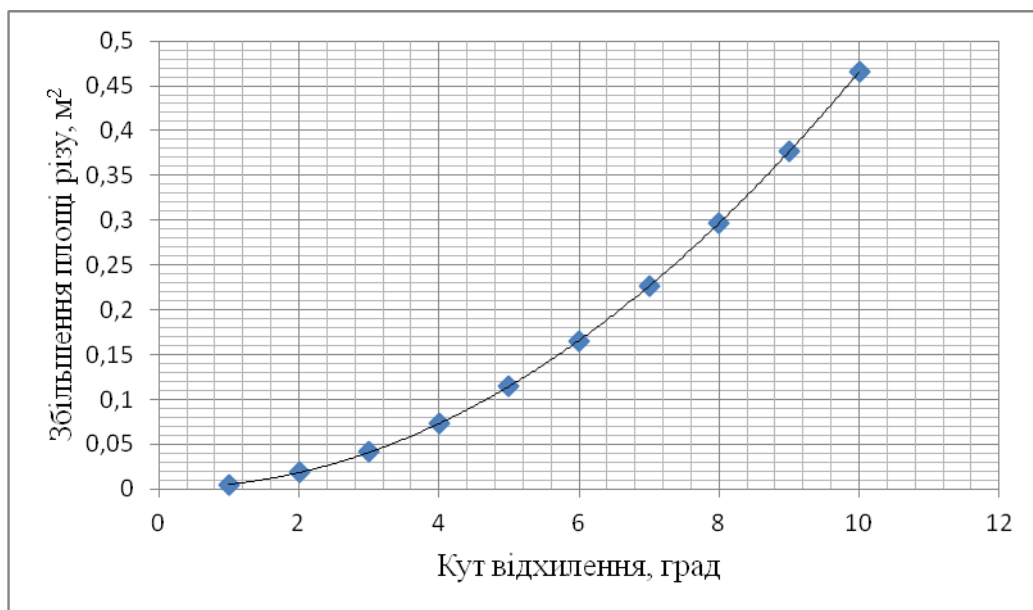


Рис. 6. Графічна залежність збільшення площі алмазно-канатного різання від можливих кутів відхилення вертикального шпура

Аналіз одержаних результатів свідчить про те, що збільшення площі різання для однієї площини відокремлення може досягати $0,5 \text{ м}^2$, що для каменевидобувних підприємств еквівалентно додатковим витратам у 3 – 5 % від загальних витрат на алмазно-канатне різання.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що відхилення площини різання впливає на кількісні втрати сировини, а саме комерційного об'єму видобутого блоку. Залежність об'єму втрат, зумовлених відхиленням площини

різання від об'єму видобутих блоків, наведена на рис. 7. Аналітично ця залежність описується лінійним рівнянням наступного вигляду:

$$V_{\text{втр}} = 0,00282 + 0,03285 V_{\text{бл}} \quad (7)$$

де $V_{\text{бл}}$ – об'єм видобутих блоків, м^3 .

Для забезпечення максимальної точності збійки вертикальної та горизонтальної свердловин, які задають площину алмазно-канатного різання, створено пристрій на базі лазерних маркерів та удосконалено методику виносу в натуру елементів збійки двох горизонтальних свердловин при підготовці до бурових робіт за допомогою маркшейдерських приладів.

У роботі виконане дослідження впливу якості бурових робіт на технологію суцільного оббурювання масиву. Встановлено, що відхилення шпура від проектного значення можливе у двох взаємоперпендикулярних вертикальних площинах.

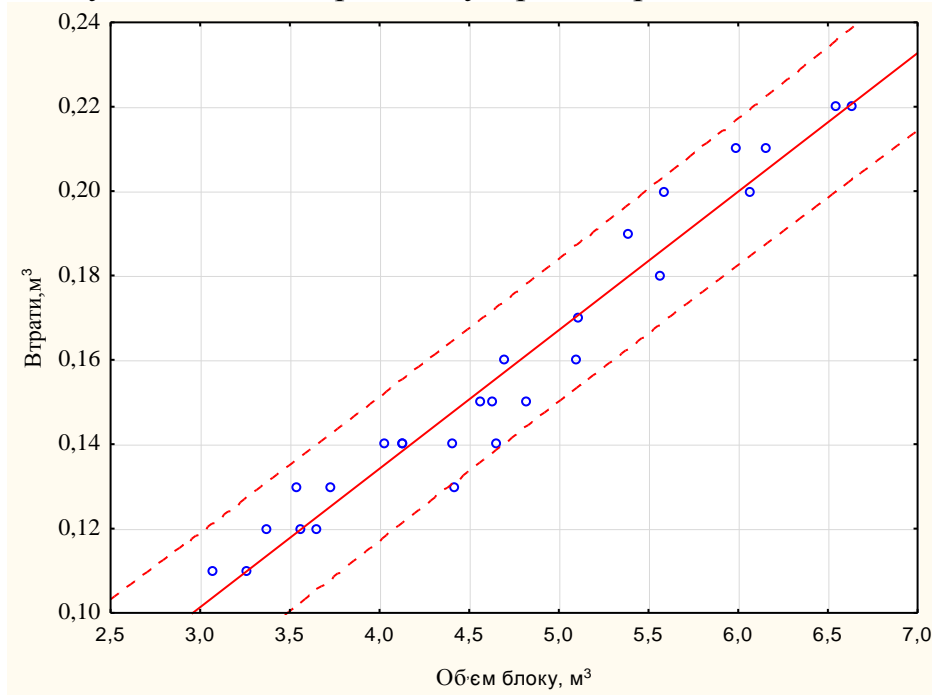


Рис. 7. Залежність об'єму втрат, зумовлених відхиленням площини різання від об'єму видобутих блоків

Розроблено методику вимірювання відхилення шпурів у площині, паралельній напрямку утворення щілини. Аналіз результатів експериментального буріння дозволив встановити наявність тісного кореляційного зв'язку між кутовим відхиленням шпура та довжиною зони перекриття (коефіцієнт кореляції 0,87), що дозволило встановити залежність кутового відхилення шпурів від довжини зони їх перекриття при суцільному оббурюванні масиву (рис. 8), яка описується функцією

$$\beta = 0,8681 + 0,1025l_{\text{пр}} - 0,0012l_{\text{пр}}^2, \quad (8)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина зони перекриття сусідніх шпурів, мм.

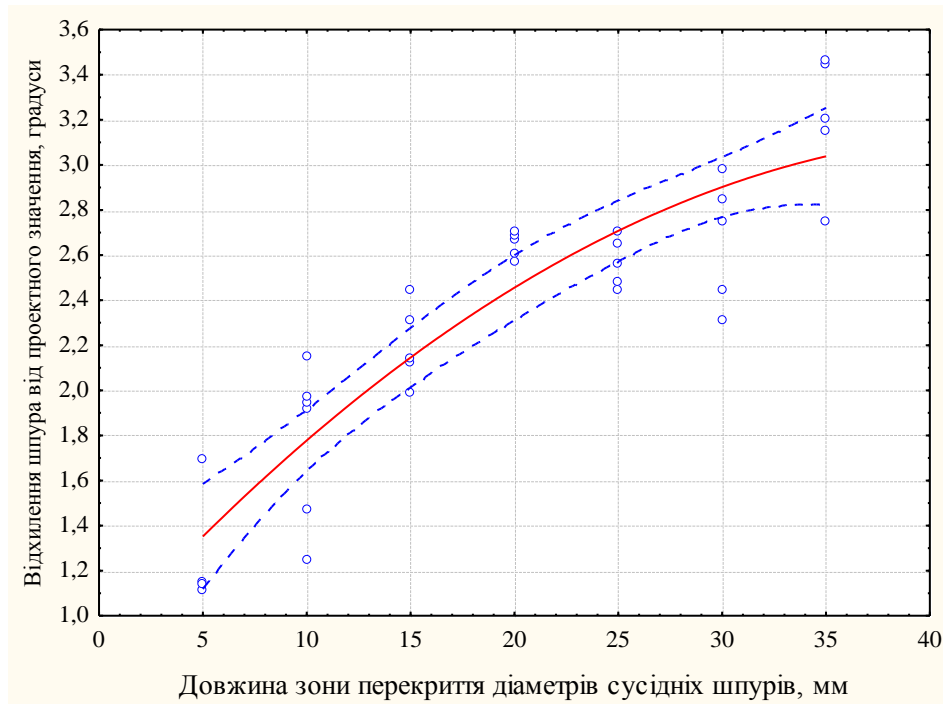


Рис. 8. Залежність відхилення шпура від довжини зони перекриття сусідніх шпурів

Встановлено критерії та розроблено методику оцінки відхилення шпурів у площині, перпендикулярній напрямку утворення щілини при суцільному бурінні.

Були виконані дослідження залежності відхилення шпурів у площині, перпендикулярній напрямку утворення щілини від довжини зони перекриття сусідніх шпурів (рис. 9). Статистичний аналіз виявив досить тісний кореляційний зв'язок між одержаними результатами, який характеризується коефіцієнтом кореляції 0,667. Аналітично ця залежність може бути описана поліномом другого ступеня:

$$l_{\text{п.щ.}} = 3,1002 + 0,4748l_{\text{пр}} - 0,0042l_{\text{пр}}^2, \quad (9)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина зони перекриття сусідніх шпурів, мм.

В результаті узагальнення виконаних досліджень одержано аналітичний вираз для оцінки збільшення довжини шпура, зумовленого його відхиленням від проектного положення:

$$\Delta L_{\text{ш}} = \frac{H_{\text{б}}}{\cos(0,8681 + 0,1025l_{\text{пр}} - 0,0012l_{\text{пр}}^2)} + \sqrt{H_{\text{б}}^2 + (0,001(3,1002 + 0,4748l_{\text{пр}} - 0,0042l_{\text{пр}}^2))^2} - 2H_{\text{б}} \quad (10)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина зони перекриття сусідніх шпурів, мм; $H_{\text{б}}$ – глибина буріння, м.

Результати досліджень дозволили визначити оптимальне значення довжини зони взаємного перекриття шпурів при суцільному оббурюванні для ТОВ «Поліський лабрадорит».

Аналіз залежності відхилення шпура від глибини буріння та довжини зони перекриття шпурів показав, що ця величина інтенсивно прямопропорційно зростає зі збільшенням глибини буріння та менш суттєво при збільшенні довжини зони перекриття шпурів.

Найбільш суттєвим показником, який визначає ефективність суцільного буріння, є обсяг бурових робіт, який доцільно визначати з наступного виразу:

$$\Delta V_{\text{сб}} = \frac{L_m}{(d - l_{\text{пр}})} \Delta L_{\text{ш}}, \quad (11)$$

де L_m – довжина стрічки шпурів на моноліті, м; $\Delta L_{\text{ш}}$ – проектна глибина буріння без врахування можливих відхилень, м; $l_{\text{пр}}$ – довжина зони перекриття шпурів, м; d – діаметр шпура, м.

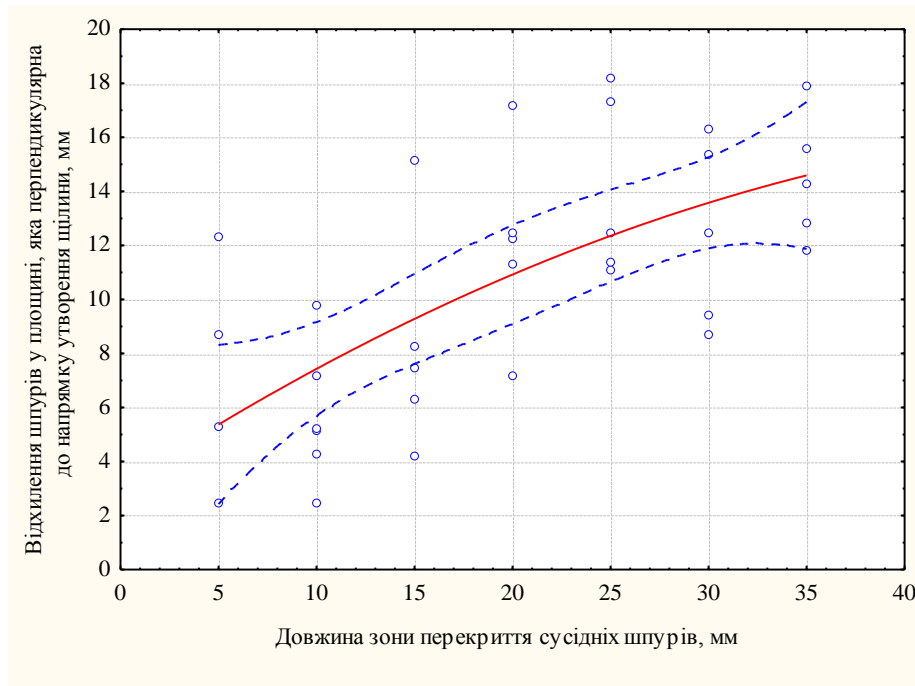


Рис. 9. Залежність відхилення шпурів у площині, перпендикулярній напрямку утворення щілини від довжини зони перекриття шпурів

Оптимальні значення параметрів, які визначають обсяг буріння, доцільно підбирати за результатами розв'язку наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_{\text{бур}}}{\partial L} = 0 \\ \frac{\partial V_{\text{бур}}}{\partial d} = 0 \\ \frac{\partial V_{\text{бур}}}{\partial l_{\text{пр.}}} = 0 \\ \frac{\partial V_{\text{бур}}}{\partial H} = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Розв'язок системи рівнянь для умов Осниківського родовища лабрадориту при $L_m = 5$ м; $H_6 = 3$ м; $d = 0,04$ м дозволив визначити оптимальне значення довжини зони перекриття сусідніх шпурів $l_{\text{пр}} = 0,025$ м.

У четвертому розділі досліджено ефективність управління якістю блочної сировини на основі геопросторового моделювання.

Результати аналізу геопросторової мінливості частоти горизонтальних та субгоризонтальних тріщин свідчать про наявність чіткої тенденції до їх зменшення зі збільшенням глибини горизонту. При цьому спостерігається індивідуальна локалізація екстремумів частоти тріщин для кожного горизонту, що викликано складними процесами взаємодії тектонічних процесів та ротаційною складовою руху Земної кори.

Оцінка мінливості частоти тріщин свідчить про коливання частоти тріщин для горизонту +186 у межах 0,4–2,9 шт/м, для горизонту +180 – у межах 0,55–1,3 шт/м, для горизонту + 174 – у межах 0,32–0,51 шт/м.

Виконаний аналіз залежності частоти тріщин від глибини та відстані між тріщинами і висотної позначки її локалізації для родовища лабрадориту «Оптима» виявив слабкий кореляційний зв'язок (коефіцієнти кореляції 0,36–0,38) між цими показниками.

Виконаний аналіз кутів падіння тріщин та їх співвідношення з площиною буріння тріщин дозволяє стверджувати, що середній кут зустрічі шпура з площиною пластової тріщини становитиме 3° , що підтверджує доцільність зменшення величини подачі бурового ставу при зустрічі з пластовими тріщинами.

В результаті виконаних досліджень було одержано аналітичний вираз для визначення тривалості робочого циклу буріння шпурів у тріщинуватих зонах кар'єрів декоративного каменю:

$$T_H = \frac{H - h - l_3 n}{v_{б.ном.}} + \frac{nl_3}{v_{б.тр.}} \quad (13)$$

де H – глибина буріння, м; h – глибина забурювання, $h = 0,3$ м; l_3 – довжина зони зменшення величини подачі при зустрічі з тріщиною, м; n – кількість субгоризонтальних тріщин, які перетинає шпур, шт.; $v_{б.ном.}$ – номінальна величина подачі, м/с; $v_{б.тр.}$ – величина подачі при зустрічі з тріщиною, м/с.

Співставлення результатів прогнозування збільшення тривалості буріння для одного шпура дозволить оптимізувати календарне планування бурових робіт і, як наслідок, підвищити ефективність календарного планування видобувних та розкривних (по скельному розкриву) робіт (рис. 10).

Результати дослідження дозволяють погоризонтно розбити родовище на певні технологічні зони за ефективністю буріння. Співставлення одержаних результатів дозволило розробити методику планування видобувних робіт, яка враховує просторовий розподіл горизонтальних та субгоризонтальних тріщин у масиві і полягає у послідовному виконанні наступних операцій: збір інформації про попередні заміри субгоризонтальних та горизонтальних тріщин по всьому родовищу; виконання уточнюючих вимірювань елементів залягання тріщин та їх просторова прив'язка на ділянках, що досліджуються; побудова моделі просторового розподілу тріщинуватості для певних видобувних горизонтів та видобувних ділянок; виконання хронометражу процесу буріння шпурів для

найбільш поширених випадків перетину площин тріщин; визначення оптимальних значень зменшення величини робочої подачі бурового ставу для випадку зустрічі з площиною тріщини; розрахунок очікуваного значення тривалості робочого циклу буріння одного шпура; побудова моделі геопросторової мінливості тривалості робочого циклу буріння шпурів (нанесення на план горизонту ізоліній); побудова на плані проектного контуру моноліту; визначення проектного розташування шпурів на моноліті; визначення інтерполяцією тривалості буріння кожного окремого шпура; визначення загальної тривалості виконання бурових робіт.

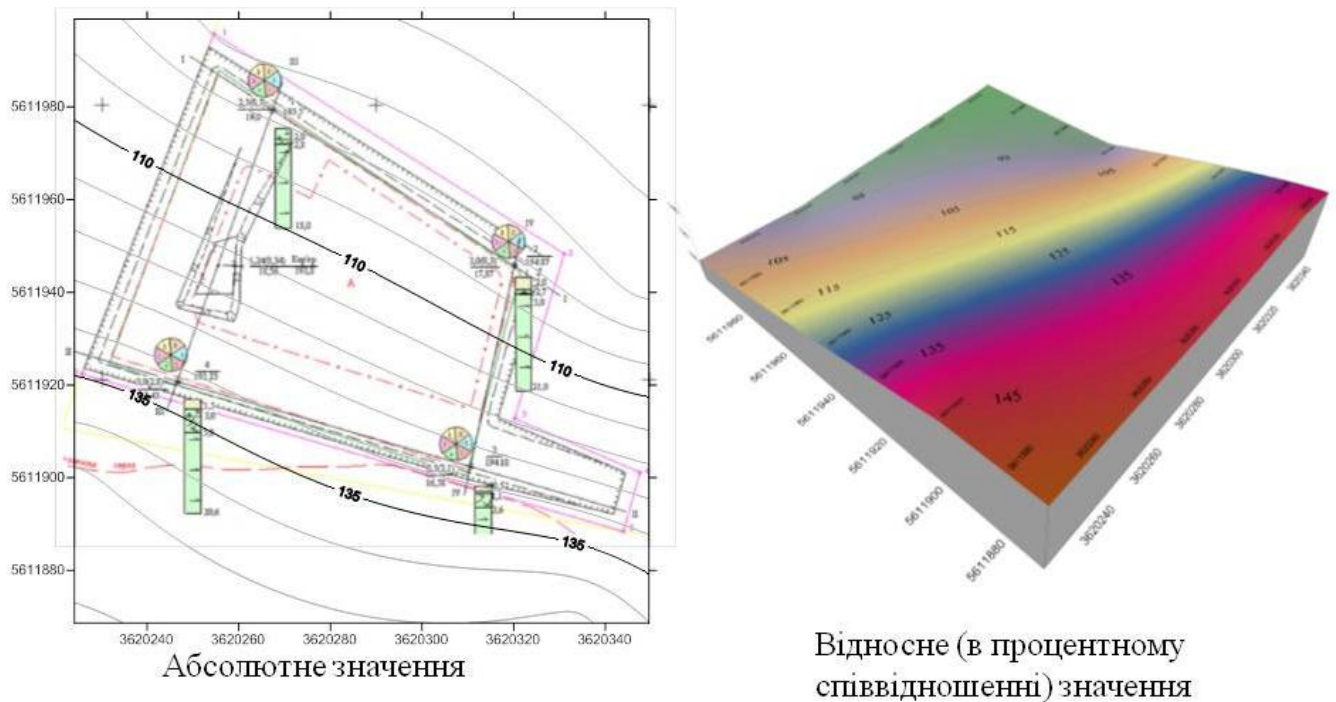


Рис. 10. Результат календарного планування ефективності буріння шпурів

Розрахунок очікуваного економічного ефекту від впровадження одержаних у дисертаційній роботі результатів з управління якістю буріння на базі гірничовидобувного підприємства ТОВ «Поліський лабрадорит» вказує на можливість одержання додаткового прибутку в розмірі 75 тис. грн. на рік.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на підставі вперше встановлених закономірностей формування відхилень шпурів при бурінні породного масиву вирішено актуальне науково-практичне завдання розроблення способів управління ефективністю бурових робіт при видобуванні декоративного каменю.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Обґрунтовано критерій для визначення максимально допустимих значень відхилення шпура в стрічці від вертикалі, який базується на умові виключення перетину його з сусідніми шпурами. Встановлено, що при заданих середніх значеннях висоти видобувного уступу 5–6 м, діаметрі шпура 42 мм та відстані між осями шпурів 0,2 м значення мінімальних кутів падіння субгоризонтальних тріщин, більше за які викривлення осі шпура буде критичним, становитиме: при перетині однієї тріщини – 2° , двох і трьох тріщин – $1^\circ 30'$.

2. Встановлені аналітичні залежності викривлення осі шпура при бурінні в блочних масивах з чітко вираженою горизонтальною та субгоризонтальною тріщинуватістю від параметрів залягання тріщин, що описується оберненою тригонометричною функцією та доведено, що зенітні відхилення шпура в площині відколу ($\varphi = 0^\circ$) не зменшують питому площину відколу та з точки зору силових параметрів процесу не здійснюють відчутного впливу на зменшення ефективності відколу каменю статичними методами.

3. Виконане дослідження впливу відхилення шпурів на ефективність алмазно-канато-пилної технології підготовки блоків до виймання дозволило встановити, що неточність збійки найчастіше зумовлена неточністю встановлення бурового верстата, тріщинуватістю масиву і напруженнями в масиві та одержати аналітичні вирази для оцінки додаткових площ різання, які виникають внаслідок відхилень площиноутворюючих шпурів, та лінійну емпіричну залежність об'єму втрат сировини від об'єму блоків, яка зумовлена похибками підготовчого буріння при алмазно-канатному способі відокремлення.

4. Обґрунтовано критерії та розроблено методикку оцінки відхилення шпурів при суцільному оббурюванні масиву, що дозволило встановити й аналітично описати поліномами другого порядку залежності кутового відхилення шпурів та відхилення шпурів у напрямку, перпендикулярному площині відокремлення від довжини зони перекриття шпурів.

5. Результати аналізу геопросторової мінливості частоти тріщин свідчать про наявність чіткої тенденції до зменшення частоти тріщин зі збільшенням глибини горизонту, при цьому спостерігається індивідуальна локалізація екстремумів частоти тріщин для кожного горизонту, що викликано складними процесами взаємодії тектонічних процесів та ротаційною складовою руху Земної кори.

6. Співставлення результатів прогнозування збільшення тривалості буріння для одного шпура дозволить оптимізувати календарне планування бурових робіт і, як наслідок, підвищити ефективність календарного планування видобувних та розкривних (по скельному розкриву) робіт. Результати досліджень дозволяють погоризонтно розбити родовище на певні технологічні зони за ефективністю буріння. Очікуваний економічний ефект для ТОВ «Поліський лабрадорит» склав 75 тис. грн. на рік.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах:

Публікації у наукових фахових виданнях:

1. Шлапак В. О. Основні напрямки селективної розробки і комплексного використання сировини в кар'єрах по видобуванню гранітів на щебінь / В. О. Шлапак // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – № 16. – С. 172–173.
2. Шлапак В. О. Габрові породи і перспективи їх використання як декоративно-облицювального каменю / В. О. Шлапак // Вісник ЖІТІ. Технічні науки. – Житомир: ЖІТІ, 2003. – Вип. 1 (24). – С. 174–177.
3. Шлапак В. О. Оптимізація технологічних параметрів процесу розпилювання високоміцного декоративного каменю алмазно-канатопильними верстатами / В. О. Шлапак // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – № 2. – С. 177–183.
4. Кальчук С. В. Обґрунтування параметрів пасерування блоків каменю в кар'єрі квазістатичними методами відколу / С. В. Кальчук, В. О. Шлапак, В. А. Стріха // Вісник НУВГП. – Рівне, 2014. – № 2. – С. 127–133.
5. Соболевський Р. В. Управління якістю бурових робіт для підвищення ефективності алмазно-канатного різання / Р. В. Соболевський, В. О. Шлапак, О. В. Камських // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук, 2015. – № 5. – С. 106–111 (входить до переліку міжнародної науково-метричної бази даних «Ulrich's Web Global Serials Directory», «eLIBRARY», «Index Copernicus», «Polish Scholarly Bibliography», «Infobase Index», «Inspec», «Open Academic Journals Index», «Google Scholar», «CiteFactor» і «Scientific Indexing Services»).
6. Sobolevskiy R. Quality control of drilling operations for efficiency upgrading of creation of separation plane by lineage drilling. / R. Sobolevskiy, V. Shlapak // Metallurgical and mining industry. – 2016. – № 2. – P. 167–173 (входить до переліку міжнародної науково-метричної бази даних «Scopus», «Index Copernicus», «eLibrary», «Scientific Indexing Services», «Academic Resource Index "ResearchBib"», «WorldCat», «Eurasian Scientific Journal Index»).

Публікації за матеріалами конференцій:

7. Шлапак В.О. Ресурсозберігаючі технології видобутку природного каменю шляхом селективної розробки і комплексного використання сировини в кар'єрах по видобуванню гранітів на щебінь (на прикладі Лезниківського кар'єру) / В. О. Шлапак // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки». – Дніпропетровськ: Національна академія наук України «Інститут проблем природокористування та екології», 2001. – С. 219–221.
8. Шлапак В. О. Основні напрямки селективної розробки і комплексного використання сировини в кар'єрах по видобуванню гранітів на щебінь (на прикладі Лезниківського кар'єру) / В. О. Шлапак // Збірка тез та доповідей учасників IV Міжнародної науково-практичної конференції студентів,

- аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство», Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – К., 2001. – С. 184–185.
9. Шлапак В. О. Структурні характеристики габрових порід Коростенського плутона та їх вплив на раціональні напрямки видобування та обробки / В. О. Шлапак // Збірник тез, доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство». – К., 2003. – С. 54–58.
 10. Кальчук С. В. Отвалообразование горных пород, используемых в строительстве / С. В. Кальчук, О. В. Палий, В. А. Шлапак // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (конференція молодих вчених – аспірантів і магістрантів). Секція «Перспективи розвитку гірничої справи та підземного будівництва». – К.: Підприємство УВОІ «Допомога УСІ», 2013. – С. 125–128.
 11. Шлапак В. О. Обґрунтування оптимальної моделі варіограм для відображення просторової мінливості якісних показників Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів / О. М. Ващук, Р. В. Соболевський, В. О. Шлапак // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (конференція молодих вчених – аспірантів і магістрантів). Секція «Перспективи розвитку гірничої справи та підземного будівництва». – К.: Підприємство УВОІ «Допомога УСІ», 2014. – С. 99–106.
 12. Соболевський Р. В. Обґрунтування раціональної методики визначення виходу негабариту після буровибухових робіт / Р. В. Соболевський, В. О. Шлапак, І. М. Муха // Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». – Житомир: ЖДТУ, 2015. – С. 109–113.
 13. Соболевский Р. В. Классификация месторождений лабрадорита Житомирской области на основе кластерного анализа / Р. В. Соболевский, С. С. Иськов, В. А. Шлапак // Материалы Международной технической конференции «Теория и практика добычи, обработки и применения природного камня». – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова», 2016. – С. 58–68.

АНОТАЦІЯ

Шлапак В. О. Управління ефективністю бурових робіт при видобуванні декоративного каменю. – 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 вирішенню актуального науково-практичного завдання розроблення способів управління ефективністю бурових робіт при

видобуванні декоративного каменю.

В роботі досліджено та встановлено чинники, які призводять до викривлення шпурів у тріщинуватих масивах блочної структури. Розроблено модель процесу буріння шпурів у масиві для випадків перетину з серією горизонтальних та субгоризонтальних тріщин, яка описує геометрію викривлення осі шпурів. Для виконання досліджень було розроблено інклінометричних вимірювальний пристрій та методику контролю якості буріння шпурів у скельних масивах. Встановлено вплив викривлення осі шпурів від заданих напрямків на подальші процеси та операції. Розроблено методику планування видобувних робіт, яка враховує просторовий розподіл горизонтальних та субгоризонтальних тріщин у масиві.

Ключові слова: бурові роботи, інклінометрія, тріщини, система тріщин, збійка свердловин, напружено-деформований стан, негабарит, підготовчі роботи, продуктивність, блочний камінь.

АННОТАЦІЯ

Шлапак В. А. Управление эффективностью буровых работ при добыче декоративного камня. – 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 разработки способов управления эффективностью буровых работ при добыче декоративного камня.

В работе исследованы и установлены факторы, приводящие к искажению шпуров в трещиноватых массивах блочной структуры. Разработана модель процесса бурения шпуров в массиве для случаев пересечения с серией горизонтальных и субгоризонтальных трещин, которая описывает геометрию искривления оси шпуров. Для выполнения исследований была разработана методика контроля качества бурения шпуров в скальных массивах, которая основана на использовании инклінометрического измерительного устройства с трёхрычажной роликовой системой фиксации и микромеханическим трехосным гироскопом.

Установлено влияние искривления оси шпуров от заданных направлений на эффективность трещинообразующих технологий добычи блочного камня. Исследовано влияние отклонения шпуров от проектного направления на процесс создания плоскости отделения алмазно-канатными установками, в результате чего получены аналитические выражения для оценки дополнительных площадей резания, которые возникают в результате отклонений шпуров для трех наиболее распространенных случаев. Установлено влияние отклонения плоскости резания на потери коммерческого объема добытого блока. Для обеспечения максимальной точности сбійки вертикальной и горизонтальной скважин, которые задают плоскость алмазно-канатного резания, создано устройство на базе лазерных маркеров и усовершенствована методика выноса в натуру элементов сбійки двух

горизонтальных скважин при подготовке к буровым работам с помощью маркшейдерских приборов.

Изучено влияние отклонения шпуров на эффективность создания плоскости отделения сплошным бурением, установлено влияние величины зон перекрытия шпуров на величину их отклонений, на основании чего обоснованы их оптимальные значения. Разработана методика измерения отклонения шпуров в плоскостях, параллельных и перпендикулярных направлению образования щели, что позволило установить зависимости углового отклонения шпуров от длины зоны их перекрытия при сплошном обуривании массива.

Результаты исследования позволяют выполнить погоризонтную дифференциацию месторождения на определенные технологические зоны в зависимости от эффективности бурения. Сопоставление полученных результатов позволило разработать методику планирования добычных работ, которая учитывает пространственное распределение горизонтальных и субгоризонтальных трещин в массиве.

Ключевые слова: буровые работы, инклинометрия, трещины, система трещин, сбойка скважин, напряженно-деформированное состояние, негабарит, подготовительные работы, производительность, блочный камень.

ABSTRACT

Shlapak V. O. Management of efficiency of drilling operations in the extraction of dimension stone. – Manuscript.

Thesis for scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.15.03 – open mining. – National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» MES of Ukraine, Kyiv, 2016.

Dissertation is devoted to development of methods of assessing the impact of natural and technological factors on the drilling efficiency in the extraction of ornamental stone.

In the paper and set the factors leading to a distortion of the drill holes in fractured massifs block structure. A model of the process of drilling holes in the array of cases for intersection with a series of horizontal and sub-horizontal fractures, which describes the geometry of the bending axis of the drill holes. To perform the study was designed inclinometer measuring device and quality control method of drilling holes in the rock formations. The effect of the curvature of the axis of the drill holes from the given directions for the next stage and operations. A method for planning mining operations, which takes into account the spatial distribution of horizontal and sub-horizontal fractures in the array.

Keywords: drilling, inclinometer, crack, system of cracks, connection of holes, stress-strain state, oversized, preparatory work, performance, productivity, dimension stone.

Шлапак Володимир Олександрович

Управління ефективністю бурових робіт при видобуванні декоративного каменю

05.15.03 – Відкрита розробка родовищ корисних копалин

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку: 19.08.2016
Папір друк. Друк офсетний
Тираж 100 прим.

Формат 60x90 1/16
Обсяг 0,9 ум.-друк. арк.
Зам. № 728

Житомирський державний технологічний університет
10005, Україна, м. Житомир, вул. Черняхівського, 103
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ЖТ № 08 від 26.03.2004 р.