

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

Прит Олексій Сергійович

УДК 622.231;235

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДОКРЕМЛЕННЯ МОНОЛІТІВ
ВІД МАСИВУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕВИБУХОВИХ РУЙНУЮЧИХ
СУМІШЕЙ

Спеціальність 184 «Гірництво»

Автореферат
магістерської дисертації
на здобуття наукового ступеня магістра

Київ – 2018

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:

доктор технічних наук, доцент, **Кравець Віктор Георгійович**, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри геоінженерії.

Рецензент:

доктор технічних наук, **Зайченко Стефан Володимирович**, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри електромеханічного обладнання енергоємних виробництв.

Захист відбудеться «23» травня 2018 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 “17” травня 2018 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Україна є країною, де в межах Українського кристалічного щита розташовані родовища природного каменю, який широко використовуються в всіх областях будівництва і архітектури. Однією з основних проблем у виробництві природного каменю є необхідність знизити втрати кам'яних виробів в процесі поділу монолітів від масиву і поліпшити його якість. Основний технологічний процес, який змінює сукупний стан каменю, полягає в підготовці його до його усунення. Сучасні досягнення науки і техніки дають можливість підвищити продуктивність видобутку і переробки каменю, при цьому знижуючи вартість видобутку сировини і виробництва готової продукції, підвищити продуктивність виробництва каменю. Удосконалення нових ефективних методів і засобів отримання кам'яних блоків повинні забезпечити ріст економічних показників виробництва і конкурентоспроможності на світовому ринку природного каменю. Через явну перевагу статичних схем поділу монолітів декоративного каменю над динамічними способами за рахунок збереження цілісності монолітів, гірничодобувна практика має тенденцію розробки родовищ за допомогою статичних способів. За результатами досліджень, один з кращих статичних методів для видобутку природного каменю є руйнування за допомогою невибухової руйнуючої суміші (НРС). Ефективне використання НРС вимагає вивчення законів фізико-механічних процесів в скельному середовищі під час застосування способу. Ці проблеми вимагають здійснення досліджень для встановлення закономірностей формування стану природного каменю деформованому розтягуванням в момент розширення НРС в системі шпурів, приймаючи до уваги характеристики структури і текстури гірської маси. Аналіз цілої низки фізичних і механічних процесів з технологічним удосконаленням параметрів видобутку кам'яних блоків із врахуванням особливостей кристалічної будови каменю є **актуальною науково-практичною задачею**, розв'язавши яку дасть змогу підвищити ефективність технології видобування декоративного каменю та покращити якість готової продукції.

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 геотехнічного будівництва» (№ ДР 0115U005398) в якій автор брав участь.

Мета роботи полягає в науковому обґрунтування і розробці способів формування площини розриву з застосуванням невибухових розширюваних сумішей та керуючих пристроїв –пластинчатих вставок для підвищення якості та ефективності відділення блокового декоративного каменю від масиву.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі **задачі**:

- аналіз впливу фізико-механічних характеристик та технологічних чинників на ефективність статичних методів видобування блочної продукції;
- встановлення закономірностей формування поля напружень навколо шпура з НРС під впливом керуючої пластини-вставки різної форми;
- модельні дослідження процесу формування відривної тріщини при взаємодії сумісних шпурів в системі під дією НРС в присутності керуючої пластини-вставки.

Об'єкт дослідження – процеси відділення блоків декоративного каменю від масиву.

Предмет дослідження – параметри керованого деформування гірської породи в присутності в шпурі НРС та пластини-вставки з урахуванням її орієнтації відносно осей анізотропії.

Методи досліджень. У дисертації використано комплекс сучасних методів дослідження, аналізу та синтезу науково-технічних досягнень технології виробництва кам'яних блоків; математичний інструмент для

вирішення плоских задач пружності при різних схемах розрахунку навантаження; експериментальні методи визначення навантаження шпурів з використанням НРС, лабораторні дослідження та дослідження процесів санітарного полігону, які супроводжують блоки, розділені на фактичні виробничі умови. лабораторні дослідження, а також полігонні дослідження процесів, які супроводжують розкол блоків в реальних виробничих умовах.

Наукова новизна отриманих результатів, представлено у наукових положеннях, в яких:

- теоретично досліджено процес формування поля напружень в ізотропному масиві, прилеглому до шпура з НРС, в залежності від фізико-механічних характеристик породи та геометричних параметрів пластини-вставки, встановлено, що при зростанні товщини пластини - вставки з 3 до 14 мм вірогідність тріщиноутворення строго в заданому пластиною напрямку зростає, але при цьому суттєво зменшується об'єм НРС, що негативно впливає на ширину тріщини відколу, тому рекомендована раціональна товщина металевої пластини-вставки становить 5...8 мм;

- доведено що, використання пластин-вставок дозволяє за рахунок керованості формування тріщини відриву збільшити відстань між шпурами на величину до 25 % при забезпеченні якісного розколу породи.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

- розроблено метод визначення параметрів процесу та метод створення статичних зарядів з використанням НРС та пластин-вставок у шпурі для відділення кам'яних блоків у статичному режимі;

- на основі аналізу теоретичних та експериментальних моделей ділянки тріщини з використанням НРС та пластин-вставок розроблено набір переносних приладів для створення необхідного рівня тиску в стінці шпуру для розколу породи;

- розроблено обладнання та технології, для розколу кам'яних блоків, які дозволяють збільшити відстань між свердловинами до 25%, що успішно випробувано в кар'єрі для видобутку блоків природного каменю.

- доведено, що із застосуванням пластини вставки у формі ромба дозволить збільшити об'єм НРС у шпурі.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і зміст роботи опубліковані у Віснику Житомирського Державного Технологічного Університету 2017 р, №2(80) на тему «Формування тріщини відриву при видобутку блокового каменю», а також доповідь на X міжнародної науково-технічної конференції «Енергетика. Екологія. Людина» на тему «Модельні дослідження ефективності керуючої пластини в шпурі з НРС», (конференція молодих вчених, аспірантів та магістрів). Наукові праці НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ІЕЕ, 26-27 квітня 2018.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 84 сторінок з 40 рисунками, 4 таблицями, списком літературних джерел з 38 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** виконано обґрунтування актуальності обраної теми, розкрито стан наукової проблеми та її значення, показано зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету і задачі досліджень, визначена наукова новизна, викладено дані щодо апробації та публікацій результатів досліджень.

У першому розділі проаналізовано існуючі методи та засоби видобутку кам'яних блоків, перераховано основні фактори, які впливають на вибір конкретної технології видобутку блоків.

Проаналізовано найбільш відомі сучасні методи та засоби видобутку гранітних блоків: розпилювання граніту канатно-абразивними та канатно-алмазними пилами; різання термогазоструменевими різачками; вибухова технологія; використання невибухових руйнуючих сумішей (НРС); застосування ручних клинів та хімічних генераторів тиску, а також гідроагрегатів.

Враховуючи, що за останній час накопичено значний досвід використання НРС для видобутку кам'яних блоків, в розділі проаналізовано

позитивні та негативні сторони оццадливих методів відділення монолітів з використанням розширюваних сумішей.

У другому розділі проведено аналітичне дослідження методів керування напрямком тріщиноутворення системою шпурів при відділенні кам'яних блоків з

використанням НРС в присутності керуючої пластини-вставки. Для керування напрямком розколу породи в шпурах необхідно детально дослідити напружено-деформований стан масиву, який піддається внутрішньому тискові від розширення НРС, розподіленому по двох об'ємах, розділених сталевією пластинією в отворі шпура, причому цей тиск змінюється залежно від товщини пластини-вставки (рис. 1).

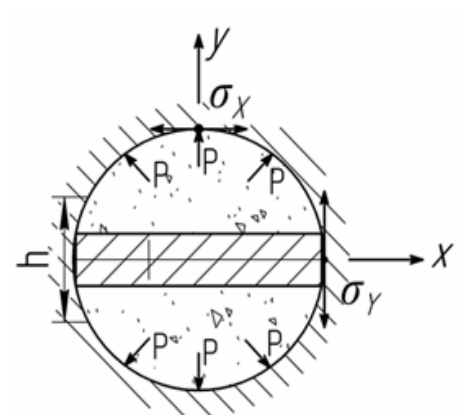


Рис. 1. Схема розподілу тиску в шпурі з пластинією-вставкою

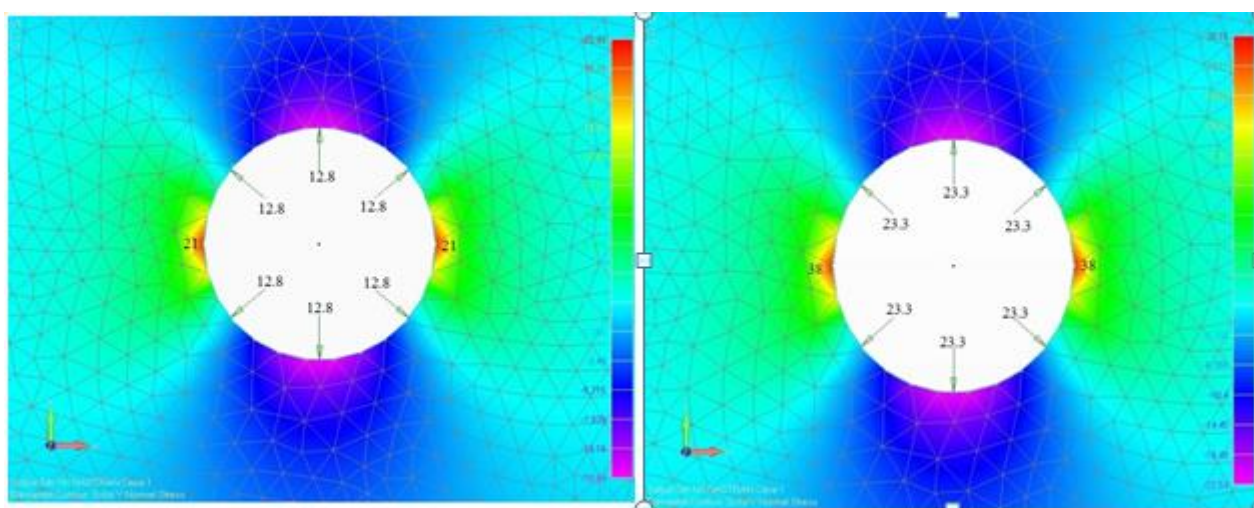


Рис. 2. Епюри нормальних напружень σ_x для кварцевого порфіриту при товщині пластини-вставки 8 мм (а) та 14 мм (б)

Пластини з більшою товщиною (10-14 мм) (з діаметром шпура 40 мм) забезпечують більший шанс розтріскування в даному напрямку, але значно

зменшують обсяг НРС у шпурі, що впливає на ширину отриманої в результаті тріщини.

У третьому розділі розроблено методику проведення експериментів та лабораторне обладнання для випробування силових можливостей НРС, яке використовувалось в промислових умовах. Проведено лабораторні експерименти на бетонних моделях, які імітували гірську породу, в тому числі і породу з анізотропними властивостями. Особливу увагу було приділено визначенню межі міцності бетонів для виготовлення моделей.

Основним технологічним параметром, який характеризує ефективність використання НРС в гірничій технології, є тиск, який здатна розвивати суміш. Ця характеристика суміші залежить від ряду факторів.

Враховуючи широкий діапазон факторів, які впливають на силові можливості НРС, було вирішено провести тестування НРС, обраної для експериментальних досліджень.

Метод проведення експериментів та лабораторного обладнання був розроблений для перевірки потужності НРС, яке використовувався в промислових умовах. Результати показують, що суміш НРС може розвивати тиск до 37.0-40.0 МПа в режимі пружності і, отже, може бути використана для інших експериментів. Отримані дані збігаються з теоретичними розрахунковими величинами тиску в циліндричній оболонці. На практиці було показано, що тріщиноутворення в шпурах відбувається при тиску приблизно 35,0-38,0 МПа.

В четвертому розділі викладено результати експериментів, проведених в промислових умовах.

Необхідною умовою є проста будова конструкції обладнання для статичного навантаження шпурів, що гарантує можливість власного виробництва безпосередньо в ремонтному цеху або в майстернях в кар'єрах. Враховуючи, що в Україні є багато малих кар'єрів із обсягом видобутку кам'яних блоків 4000-6000 м³ на рік, а їхні фінансові можливості іноді обмежені, необхідно гарантувати не завишену ціну вставок пластин. Ця вимога гарантує збільшення економічних показників виробництва.

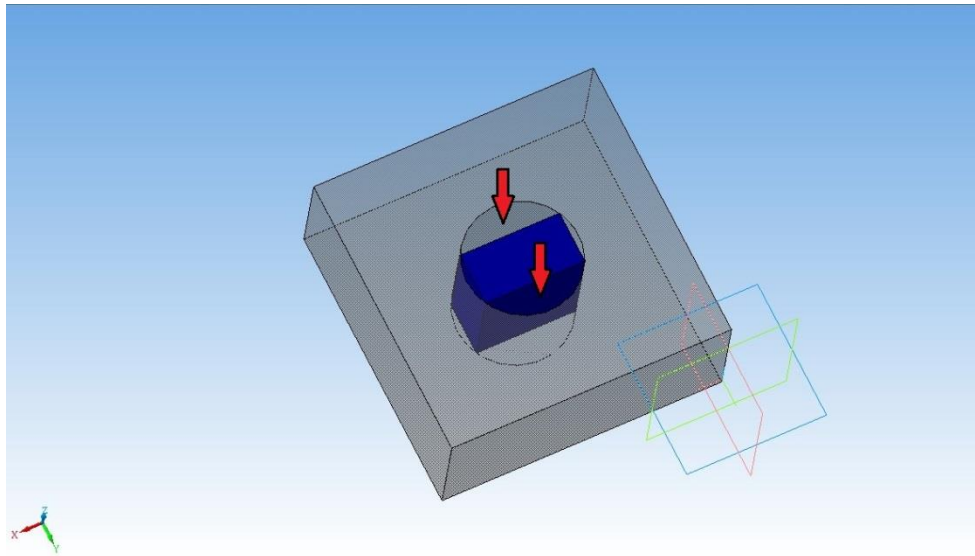


Рис. 3. Схема встановлення пластини в шпур і заливання НРС

При розробці методики проведення експериментів для збільшення відстані між отворами при використанні вставок були враховані результати роботи. Оскільки завдання серії експериментів було вивчення контроль напрямком тріщиноутворення тільки по двом осям неоднорідності, а не в секторі між ними, вирішено зробити бетонні моделі зі спрощеною неоднорідністю.

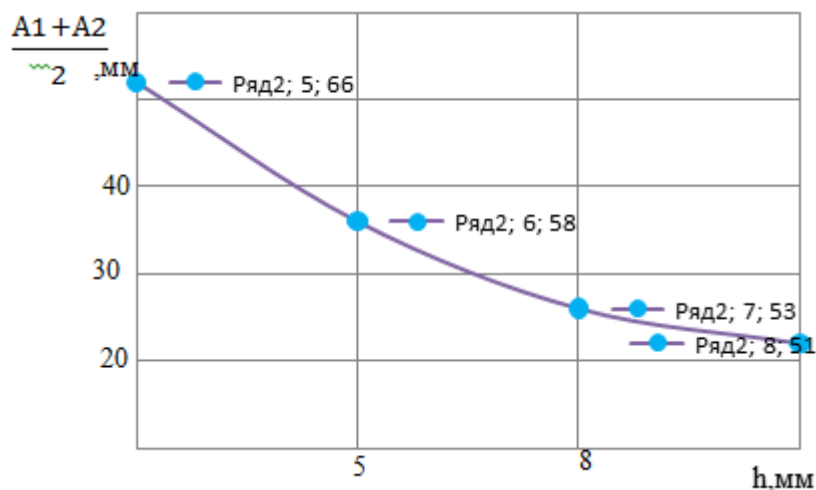
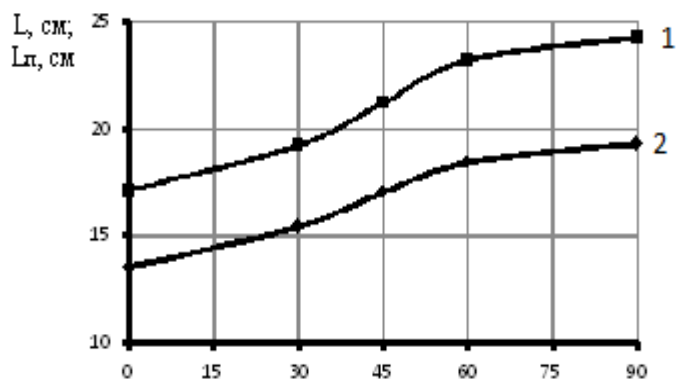


Рис. 4. Залежність «якості» геометрії тріщини розколу

Залежність, показана на малюнку 4., дозволяє зробити наступні висновки:

- Максимальна «якість» геометрії розколу тріщини (мінімальне відхилення кінців тріщини розколу від осі Y) відбувається, коли використовується вставка-пластина з максимальною товщиною 8 мм.
- Мінімальна геометрії розколу тріщини (максимальне відхилення кінців

тріщини від осі Y) виникає, коли використовується вставка-пластина з мінімальною товщиною 5 мм.



a

Рис.5. Залежність відстані між шпурами від кута розколу породи:

1 – шпури з пластинами-вставками; 2 – шпури без пластин-вставок

Після закінчення напівпромислових випробувань проведено перевірку «якості» тріщини розколу, (рис.6).



Рис. 6. «Якість» тріщини розколу лабрадориту в промислових умовах

Загальні висновки

1. Були використані чисельні методи для дослідження розподілу напружень навколо шпуру з НРС і пластиною-вставкою, що дозволило визначити технологічні параметри розколу породи за допомогою вставки пластини в діапазон 3 мм-14 мм.

2. Відношення σ_x/σ_y наводить різницю в розтягують напруженнях, що виникають в осях X і Y, і, отже, характеризує ступінь ймовірності отримання заданого напрямку тріщиноутворення.

3. Пластини з товщиною 8 мм, мають більше шансів тріщиноутворення в заданому напрямку, але зменшують тиск від НРС (в шпурі діаметром 40 мм до 10%), що впливає на ширину отриманої тріщини.

4. визначена здатність НРС, що може створювати тиск до 40МПа і була використана в дослідях в циліндричних сталевих трубах з радіусом 20мм з використанням вставок;

5. одержана залежність «якості» геометрії тріщини від товщини пластини – вставки: 11,3% при $h = 3$ мм і 7,8% при $h = 14$ мм;

6. при збільшенні товщини пластини-вставки підвищується точність керування напрямом тріщиноутворення, але одночасно вставна пластина, при її товщині 8 мм зменшує об'єм НРС в шпурі (до 25 %), що погано впливає на енергозабезпечення суміші, а тому зменшує ширину тріщини відриву;

7. пластина-вставка з мінімальною товщиною 5 мм знижує точність керування напрямом тріщиноутворення, але одночасно збільшує обсяг НРС в шпурі на 16 %, що позитивно позначається на збільшенні ширини тріщини відриву;

8. застосування конструкції з пластиною-вставкою дозволяє керувати процесом віддокремлення блоків в напрямку, який було задано, що важливо при виконанні робіт в анізотропному масиві.

9. було використано вставку у формі ромба, яка дозволяє збільшити об'єм НРС у шпурі і дозволяє більш точно керувати тріщиноутворенням.

Анотація

Прит О.С. Удосконалення відокремлення монолітів від масиву за допомогою НРС. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 – Гірництво – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2018.

Дисертацію присвячено розробці наукових основ та обґрунтуванню вдосконаленого методу видобування кам'яних блоків із застосуванням НРС і керуючих пластин - вставок. Досліджено процес виникнення тріщини вздовж системи шпурів, досліджувався шляхом застосування статичних навантажень за допомогою металевої керуючої пластини заданої товщини і були отримані аналітичні формули для розрахунку технологічних параметрів : мінімальний тиск, необхідний в шпурі, відстань між отворами в залежності від його радіуса, товщини пластини - вставка і властивості породи. Досліджувалися процеси росту в часі розтягнутих напружень σ_x і σ_y в осях анізотропії гірської маси в процесі кристалізації НРС. Розроблено принципи і метод контролю напрямом формування тріщини відриву в ділянці між осями анізотропії зруйнованого блоку. Ефективність НРС була досліджена експериментально, а механізм контролю поля діяльності був підтверджений якісно за допомогою відповідної орієнтації пластин: вставок для відколу блоків каменю. Розроблене обладнання для відколу кам'яних блоків, гарантує його надійність та тривалість роботи в промислових умовах.

Ключові слова: кам'яний блок, шпур, пластина – вставка, навантаження, напружений стан, тріщиноутворення, НРС.

Аннотация

Прит А.С. Совершенствование технологии отделения монолитов от массива с помощью НРС. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 184 - Горное дело - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 2018.

Диссертация посвящена разработке научных основ и обоснованию

усовершенствованного метода добычи каменных блоков с применением НРС и управляющих пластин - вставок. Исследован процесс возникновения трещины вдоль системы шпуров, исследовался путем применения статических нагрузок с помощью металлической управляющей пластины заданной толщины и были получены аналитические формулы для расчета технологических параметров: минимальное давление, необходимое в шпуре, расстояние между отверстиями в зависимости от его радиуса, толщины пластины - вставка и свойства породы. Исследовались процессы роста во времени растянутых напряжений σ_x и σ_y в осях анизотропии горной массы в процессе кристаллизации НРС. Разработаны принципы и метод контроля направлением формирования трещины отрыва в области между осями анизотропии разрушенного блока. Эффективность НРС была исследована экспериментально, а механизм контроля поля деятельности был подтвержден качественно с помощью соответствующей ориентации пластин вставок для скола блоков камня. Разработанное оборудование для скола каменных блоков, гарантирует его надежность и продолжительность работы в промышленных условиях.

Ключевые слова: каменный блок, шпур, пластина - вставка, нагрузки, напряженное состояние, трещинообразования, НРС.

ABSTRACT

Pryt O.S. Improvement of separation of monoliths from an array with the help of LDCs. - The manuscript.

Thesis for a Master's Degree in specialty 184 - Mining. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to the development of scientific foundations and rationale for an advanced method of mining stone blocks with the use of LDCs and control plate inserts. The process of crack formation along the hole system was investigated by applying static loads using a metal control plate of a given thickness and analytical formulas were obtained for calculating the technological parameters:

the minimum pressure required in the hole, the distance between the holes depending on its radius, the thickness of the plate - the insert and the properties of the breed. The processes of growth in time of the extended stresses σ_h and σ_u in the axes of the anisotropy of the rock mass during the crystallization of LDCs were studied. The principles and method of control of the direction of formation of a fracture crack in the region between the axes of the anisotropy of the destroyed block have been developed. The efficiency of the LDCs was studied experimentally, and the mechanism of field control was confirmed qualitatively by the appropriate orientation of insertion plates for cleavage of stone blocks. The developed equipment for cleavage of stone blocks, guarantees its reliability and duration of work in industrial conditions.

Key words: stone block, hole, plate - insert, load, stress state, cracks formation, LDCs.