

І. О. Фоменко, канд. техн. наук, І. М. Ковтун, канд. техн. наук,  
О. І. Фоменко, канд. техн. наук, А. І. Ковтун (НТУУ «КПІ»)

## **РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ БЕЗПЕЧНОГО ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ РОЗКОЛУ МОНОЛІТНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Багаторічна практика впровадження у виробництво різних технологій видобутку гранітних блоків довела, що одним із найважливіших моментів, що впливають на використання цих технологій, є наявність небезпечних і шкідливих факторів. Відомі непоодинокі приклади, коли розроблена продуктивна технологія не знаходила впровадження через проблеми, пов'язані з охороною праці. Це, наприклад, проблеми з використанням таких технологій, як вибухова, різання граніту струменем води під великим тиском та газоструменевими різачками.

Тому ретельний аналіз небезпечних та шкідливих факторів, притаманних різним технологіям та обладнанню, без сумніву є важливим науковим завданням, вирішення якого дозволить розробити та врахувати комплекс умов для створення нового, практично безпечного обладнання для видобутку гранітних блоків, яке враховує вимоги до охорони праці.

Аналіз небезпечних факторів, що мають місце під час використання різних технологій видобування гранітних блоків, дозволяє умовно поділити їх на такі групи [1]:

1. До особливо небезпечних віднесено, насамперед, технології, що передбачають використання вибухових речовин.

2. До технологій підвищеної небезпеки віднесено такі технології, як використання невибухових руйнуючих сумішей, використання гідроклинів з електроприводом насосу, розпилювання граніту канатно-абразивними та канатно-алмазними пилками, різання граніту термогазоструменевими різачками. Перераховані технології мають цілий спектр небезпечних і шкідливих факторів для працюючих.

3. До відносно безпечних технологій віднесено технології з використанням портативних гідроагрегатів з ручним (ножним) приводом насосу. До таких агрегатів відносяться, перш за все, гідравлічні розколюючі пристрої [2], поршневі агрегати [3], так звані безкорпусні агрегати [4]. Перераховані агрегати не можна віднести до абсолютно безпечних завдяки наявності в шпурах певного об'єму робочої рідини під високим тиском тоді, коли ці агрегати працюють.

На основі наведеної інформації можна зробити висновок, що задача розробки перспективних агрегатів, що гарантуватимуть безпечну та екологічно чисту технологію видобутку природного каменю, є актуальною.

При створенні цих агрегатів було висунуто такі вимоги.

1. Агрегат має розвивати тиск в шпурі до 40 МПа, що враховує міцність гранітів.

2. Гарантування надійної та довгострокової роботи агрегату в середовищі з високою концентрацією абразивного пилю, що у великій кількості утворюється під час буріння шпурів твердосплавним інструментом. Слід зазначити, що спектральний склад цього пилю включає в себе пилові часточки різного розміру. Особливо небезпечним для обладнання є дрібнодисперсний абразивний пил, що без перешкод проникає у зазори між рухомими деталями, що призводить до їх швидкого абразивного зносу.

3. Енергозберігаючі характеристики обладнання для створення статичних навантажень в шпурах, а також здатність гарантувати екологічну чистоту технологічного процесу. Для забезпечення енергозбереження було запропоновано ручний привід обладнання, а екологічна чистота технології статичного навантаження шпурів має базуватися на відсутності шкідливих для оточуючого середовища компонентів, таких, наприклад, як нафтопродукти в гідросистемах, невибухові руйнуючі суміші, вибухові речовини.

4. Мінімальні габарити та маса обладнання, які гарантують ручне транспортування останнього до кар'єру та виключають використання підйомно-транспортних машин.

5. Необхідність обов'язково передбачити можливість точного контролю рівня статичного навантаження шпурів, що забезпечить рівномірне навантаження площини розколу.

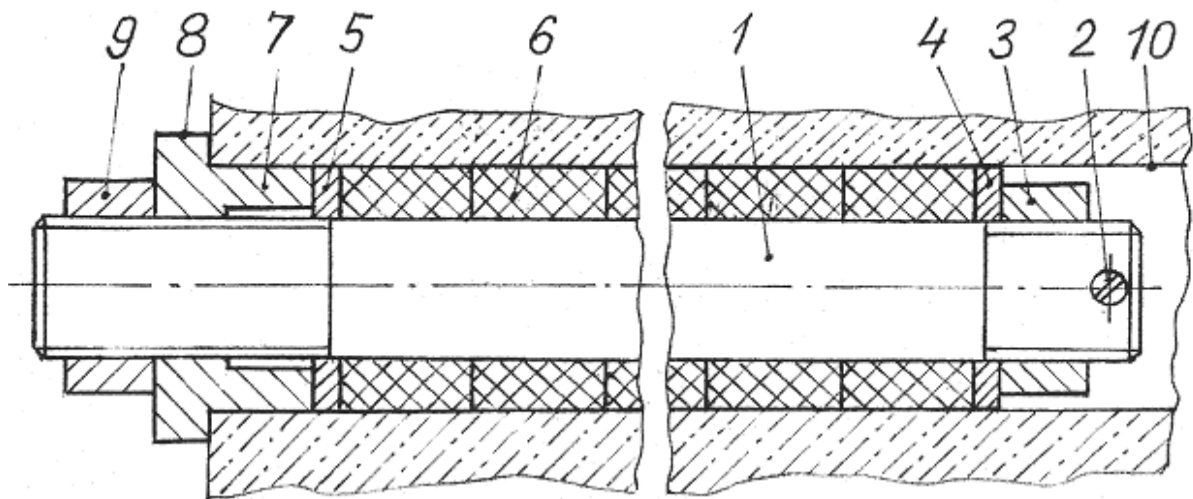
6. Простота конструкції обладнання для статичного навантаження шпурів, що гарантує можливість його самостійного виготовлення безпосередньо в умовах ремонтного цеху або майстерні на кар'єрі.

7. Враховуючи те, що сьогодні в Україні працює багато невеликих кар'єрів з об'ємом видобутку кам'яних блоків 5000...7000м<sup>3</sup> на рік та їх фінансові можливості часом обмежені, потрібно передбачити низьку ціну агрегатів для створення статичного навантаження шпурів. Ця вимога гарантує підвищення економічних показників виробництва.

Проведені за останні роки в НТУУ «КПІ» пошукові проектно-конструкторські роботи зі створення на рівні патентів України нових агрегатів для видобутку гранітних блоків дозволили зробити припущення стосовно того, що всім обґрунтованим вище вимогам буде відповідати агрегат із пружним гумовим елементом, що при стисканні в замкненій порожнині шпуру має здатність розвивати великий тиск, що є цілком достатнім для тріщиноутворення в породі.

Враховуючи отриманий попередньо досвід, вченими було запропоновано використати як пружний (силовий) елемент гуму, яка має твердість за Шором 85 одиниць.

Конструкцію експериментального агрегату, представленого на рис. 1, захищено патентом України № 71552 [5].



*Рис. 1. Агрегат для розколу монолітних об'єктів*

Агрегат складається зі стрижня *1*, на якому встановлені гвинт *2*, гайка *3*, шайби *4* та *5*, гумові втулки *6*, втулка *7* із шестигранником *8* та гайка *9*, що приварена до стрижня *1*.

Діаметр шайб *4* та *5* селективно підбирається за діаметром шпуру *10* таким чином, щоб забезпечити зазор не більше 0,2 мм, що виключає видавлювання гуми великим тиском у цей зазор.

Для стискання гумових втулок *6* робітник фіксує гайковим ключем шестигранник *8* та починає викручувати гайку *9* разом зі стрижнем *1* із втулки *7*. При цьому відстань між шайбами *4* та *5* скорочується та деформовані гумові втулки *6* створюють у шпурі статичне навантаження, що й зумовлює тріщиноутворення в монолітному об'єкті та його подальший розкол.

Проведені розрахунки та експерименти довели, що використання розробленого та запропонованого пристрою дозволяє отримати в шпурі тиск до 40...50 МПа, що гарантує тріщиноутворення та розкол монолітних об'єктів.

На рис. 2 представлено виготовлену партію експериментальних агрегатів і гідравлічний динамометричний гайковий ключ для приводу агрегатів та заміру отриманого тиску в шпурі.

Оскільки в розробленому силовому агрегаті (рис. 2) як середовище, де створюється великий тиск для навантаження шпуру, було обґрунтовано вибрано гуму, то в ході експериментальних випробувань виникла проблема заміру тиску, що виникає в гумі. Одразу вирішити цю проблему було складно, оскільки у відомих джерелах відсутня така інформація. Тому було запропоновано вирішити цю проблему в два етапи.

На першому етапі було здійснено навантаження сталеві безшовної холоднокатаної труби рідиною (індустріальним мастилом). Труба навантажувалась максимальним тиском – біля 40 МПа. Внутрішній діаметр труби дорівнював 40 мм, що співпадає з поширеним діаметром шпурів у гранітних блоках. Товщина стінки труби дорівнювала 2,5 мм, а матеріалом труби було обрано сталь марки 40Х.



*Рис. 2. Партия експериментальних гідроагрегатів (поз. 1) та гідравлічний динамометричний гайковий ключ (поз. 2 та поз. 3)*

Довжина труби перевищувала її діаметр у вісім разів, що виключало кінцевий ефект під час замірів. Заміри проводилися на відполірованій кільцевій поверхні, розташованій посередині труби. Заміри зовнішнього діаметру проводились з точністю до 0,01 мм за допомогою мікрометру.

Для отримання точних даних про межу між пружними та пластичними деформаціями труби тиск підвищувався поступово кількома кроками з інтервалом 2 МПа.

Отриманий результат дозволяє стверджувати, що пружні деформації труби мають місце при тиску до 38 МПа і закінчуються після збільшення зовнішнього діаметру більше 45,15 мм. При цьому сила руки на важелі гайкового ключа не перевищувала 480 Н.

На другому етапі експерименту було здійснено навантаження труби експериментальним агрегатом із використанням динамометричного ключа.

Проведений експеримент дав можливість визначити, що агрегат забезпечив внутрішній тиск у трубі близько 42 МПа, що призвело до її пластичної деформації (отриманий діаметр – 45,27 мм).

Таким чином, було доведено, що потенційні силові можливості агрегату впевнено дозволяють забезпечити тріщиноутворення та розкол гранітних блоків.

Перевірку роботи агрегату в реальних промислових умовах було проведено при розколі блоків лабродариту на кар'єрі «Пратпентроїмпекс» Сосниківського родовища (Житомирська область).

Перевірка довела працездатність розроблених агрегатів і перспективність технології їх використання.

Практично технологія використання на виробництві розробленого агрегату не має жодного шкідливого або небезпечного фактора, гарантує високий рівень охорони праці при її використанні, а також відсутність будь-яких екологічних проблем.

#### Список літератури

1. Ткачук К. Н. Вплив технології видобутку гранітних блоків на безпеку праці / К. Н. Ткачук, І. О. Фоменко // Проблеми охорони праці в Україні: збірник наукових праць. – № 17. – К.: ННДІПБОП, 2009. – С. 48–55.

2. Бакка М. Т. Видобування природного каменя : [навчальний посібник для студентів вищих навч. закл.] / М. Т. Бакка, О. Х. Кузьменко, Л. С. Сачков. – К.: КПІ, ІСДО, 1993. – 352 с.

3. Патент № 57310 на корисну модель, Україна МПК E21C 37/00. Портативний гідропоршневий пристрій для спрямованого руйнування монолітних об'єктів / Фоменко О. І., заявник та патентовласник; заявл. 22.06.2010, опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4.

4. Патент № 39144 на корисну модель, Україна МПК E21C 37/00. Пристрій для руйнування монолітних об'єктів гідророзривом / Фоменко О. І.; заявник та патентовласник НТУУ «КПІ» – № U200810076; заявл. 04.08.2008, опубл. 10.02.2009, Бюл. № 3.

5. Патент № 71552 на корисну модель, Україна МПК E21C 37/00. Пристрій для розколу монолітних блоків / Ткачук К. Н., Ткачук К. К., Фоменко І. О., Фоменко О. І., Гребенюк Т. В., Кравець В. Г.; заявники та патентовласники; заявл. 21.05.2012, опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.

*Дата подання статті до збірника – 27.03.2013.*

*Рецензент – д-р техн. наук А. О. Водяник (НТУУ «КПІ»)*