

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

**Вахрушев Костянтин Юрійович**

УДК 622.235

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ  
ПОРІД ЛОКАЛЬНИМИ ДИНАМІЧНИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ»**  
Спеціальність 184 – «Гірництво»

**АВТОРЕФЕРАТ**  
магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра

Київ 2018

Дисертацією є рукопис:

Робота виконана на кафедрі геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Науковий керівник: проф., д.т.н., Кравець В.Г., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензент: д.т.н., Ю.І. Войтенко Головний науковий співробітник відділу геофізичної техніки та інноваційних технологій Українського державного геологорозвідувального інституту,

Рецензент: к.т.н., доц. кафедри інженерної екології Крючков А.І. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Захист відбудеться «23» травня 2018 р. о 14<sup>00</sup> на кафедрі геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, ауд. 511.

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

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** На сьогоднішній день важливими питаннями для основної частини гірничих підприємств є збільшення ефективного видобутку корисних копалин, якості випущеного товару і зниження шкідливих факторів, які впливають на навколишнє середовище. З наявністю передових засобів та способів проведення вибухових робіт не можливо виключити вихід негабаритних шматків, про що говорить практика видобування міцних гірських порід. Залишок некондиційних шматків від підірваної гірської породи, залежно від геологічних та гірничо-технічних особливостей родовищ, змінюється від 2-3 до 15-20%. Негабаритні шматки породи, які залишаються після масового вибуху блоку знижує ефективність видобутку корисних. Після потрапляння некондиційного шматка породи в приймальний зів дробарки відбувається зупинка всього технологічного потоку.

Найрозповсюдженим способом дроблення некондиційних шматків є спосіб із застосуванням удару (механічний). На сьогоднішній день виробники пропонують велику лінійку ударних засобів, які орієнтуються на перетворенні різних видів енергії в механічну. Найбільш поширеними є гідравлічні та гідропневматичні молоти на базі екскаваторів або маніпуляторів.

З погляду на те, що велика частка корисних копалин знаходиться в умовах, які є доцільними для відкритої розробки, питання вдосконалення робіт по повторному руйнуванні некондицій перетворюється у виключно важливе значення. Це і спричинило розгляд основних факторів в дисертації, які визначають ефективність роботи гідромолоту – питома енергоємність дроблення негабаритів гірських порід та основні параметри паспорту роботи гідромолоту на базі екскаватора, а також дроблення некондицій із застосуванням поверхнево-активних речовин (ПАР).

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

Магістерську роботу виконано на кафедрі геобудівництва і гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року

**Метою роботи** є підвищення ефективності використання обладнання для вторинного дроблення гірських порід на основі впливу технологічних параметрів гідромолоту, міцнісно-деформаційних властивостей гірських порід, а також підвищення ефективності руйнування негабаритів за допомогою ПАР.

**Об'єкт дослідження** – вторинне дроблення гірських порід і негабаритних блоків для гірничої та інших галузей промисловості.

**Предмет дослідження** – технологічні параметри обладнання (гідромолоту) та технічні характеристики виконавчого органу для вторинного дроблення гірських порід і негабаритних блоків.

**Ідея роботи** полягає у встановленні оптимального режиму роботи гідромолоту в INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD в залежності від його технологічних параметрів і розміру негабаритних фракцій, в тому числі застосування клиновидного виконавчого органу в присутності ПАР.

Основними задачами досліджень є:

1. Оцінка величини енергії одиничного удару при руйнуванні некондиційних шматків гірської породи із заданими фізико-механічними властивостями.

2. Дослідження технологічних параметрів гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD та встановити залежності питомої енергоємності руйнування негабариту від об'єму негабаритної фракції в навалі та при рівномірному розміщенні.

3. Обґрунтування принципової схеми клиновидного виконавчого органу для руйнування негабаритів із застосуванням ПАР.

**Методи досліджень** включають аналіз літературних джерел, теоретичні і експериментальні методи досліджень, які базуються на законах фізики і механіки.

**Наукова новизна роботи:**

- Отримано раціональне співвідношення між величинами ударного імпульсу та енергією удару в залежності від характеру і виду руйнування негабариту.

- Отримано залежність питомої енергоємності руйнування негабаритів від об'єму негабаритної фракції в навалі та при рівномірному розміщенні в умовах Березівського родовища гранітів.

- Отримано залежність змінної продуктивності гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD від розміру негабаритів, які знаходяться частково в навалі та при рівномірному розміщенні на Березівському родовищі, які описуються квадратичними функціями.

- Запропоновано принципову схему клиновидного виконавчого органу для руйнування негабаритів із застосуванням ПАР.

**Практичне значення** одержаних результатів:

- запропоновано оптимальні режими роботи гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD в залежності від об'єму негабариту

- запропоновано конструктивне рішення для підведення каналу для поверхнево-активних речовин у виконавчому органі гідромолоту з метою полегшення утворення системи тріщин у гірському масиві для підвищення продуктивності дроблення негабаритів.

**Апробація проведених досліджень.** Основні положення і зміст роботи опубліковані у Віснику Житомирського Державного Технологічного Університету, 2017 р., №2(80), а також доповідь на X міжнародної науково-технічної конференції «Енергетика. Екологія. Людина» на тему: «Енергетика механізованого способу руйнування негабаритних блоків», (конференція молодих вчених - аспірантів та магістрантів). Наукові праці НТУУ «КПІ

імені Ігоря Сікорського», ІЕЕ. – Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», ІЕЕ, 26-27 квітня 2018.

**Структура і об'єм роботи.** Дисертація містить вступ, 4 розділи, загальні висновки, а також список літературних джерел. Загальний об'єм дисертації складає 97 сторінок з 4 таблицями, 24 рисунками та списком використаних джерел з 89 назв.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступній частині** обґрунтована актуальність теми роботи і необхідність проведення досліджень, сформульовані мета і задачі досліджень, визначена наукова новизна та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** проведено аналіз теоретичних досліджень щодо руйнування негабаритних фракцій для вдосконалення технології руйнування гірських порід локальними динамічними навантаженнями. Встановлено, що питання вторинного дроблення гірських порід на кар'єрах досліджено повною мірою, оскільки існують різні підходи до цього питання та отримуються різні результати.

За результатами аналізу руйнування гірських порід локальними динамічними навантаженнями, існуючі конструкції машин для ударного руйнування негабаритних фракцій гірських порід виконані, в основному, у вигляді змінного робочого обладнання до одноківшевих гідравлічних екскаваторів, які мають перевагу в автономності, відносній мобільності і високим ступенем свободи робочого обладнання.

Науковцями експериментально досліджено та визначено, що питома енергоємність механічного (ударного) дроблення гірських порід, по мірі підвищення енергії одинарного удару, знижується по параболічній залежності. Максимальна величина енергії одинарного ударного навантаження, що залежить від фізико-механічних властивостей породи, яка руйнується. Після досягнення цієї межі питома енергоємність не знижується і залишається постійною.

На підставі аналізу виконаних досліджень можна зробити висновок, що вплив швидкості прикладення навантаження на ефективність динамічного руйнування гірських порід зменшується при збільшенні енергії удару, а ефективність застосування динамічного способу руйнування гірських порід збільшується з переходом до порід більшої міцності. Також застосування різних інденторів для руйнування гірських порід гідромолотами має змінний характер, оскільки на це впливають фізико-механічні властивості гірських порід (міцність, абразивність та ін.)

Вищенаведений аналіз досліджень свідчить про те, що необхідно продовжити дослідження для розробки нових змінних виконавчих органів та технологічних параметрів гідромолотів окремо для конкретних гірничо-геологічних умов розробки.

У **другому розділі** проведено дослідження взаємодії класичного клиновидного виконавчого органу з гірською породою, взаємозв'язок елементів ударної системи, а також взаємозв'язок між рівнем зовнішнього впливу і параметрами негабариту.

Не дивлячись на додаткові витрати енергії при локальному динамічному руйнуванні, ударний вплив є основним способом руйнування гірських порід з огляду на досягнення великих значень сил при контакті твердих тіл (близько 0,1 ... 10 МН і більше).

Динамічний модуль пружності є базовою характеристикою при динамічному руйнуванні:

$$E_d = a^2 \rho \quad (1)$$

де -  $a$  швидкість поширення поздовжньої пружної хвилі в породі;  
 $\rho$  - щільність породи

Динамічний модуль пружності перевищує статичний модуль  $E$  в декілька значень, при чому чим менше межа текучості породи, тим відмінність між ними більше

Динамічний модуль можна визначити за допомогою величини хвильового опору породи:

$$R_n = a\rho \quad (2)$$

Отже, величина і ступінь зміни динамічних характеристик породи залежить від їх фізико-механічних характеристик: зміна відбувається більш інтенсивно для міцних порід, як за рахунок збільшення щільності гірської породи, так і з погляду на підвищення швидкості поширення пружної хвилі в міцних породах.

Опір породи до руйнування при динамічному впливі (ударна жорсткість) складає:

$$Z_n = C_n = R_k \cdot S_k = \frac{F_c}{V_{in}} \quad (3)$$

где  $F_c$  – сила опору породи до виконавчого органу;

$V_{in}$  – миттєва швидкість просування інструменту в породі;

$S_k$  – площа контакту виконавчого органу з породою;

$R_k$  – реакція породи при розширенні ядра ущільнення.

Під час динамічних навантажень здійснюється руйнування негабаритів, в результаті чого здійснюється відбивання, тобто відділення шматків (рис.1). При відбиванні інструмент встановлюється на поверхню негабариту на

відстані  $H$  (крок відбивання) від вільної поверхні. При зтиканні інструменту під дією ударного навантаження порода стискається в напрямку швидкості заглиблення та під інструментом утворюється ядро ущільнення.

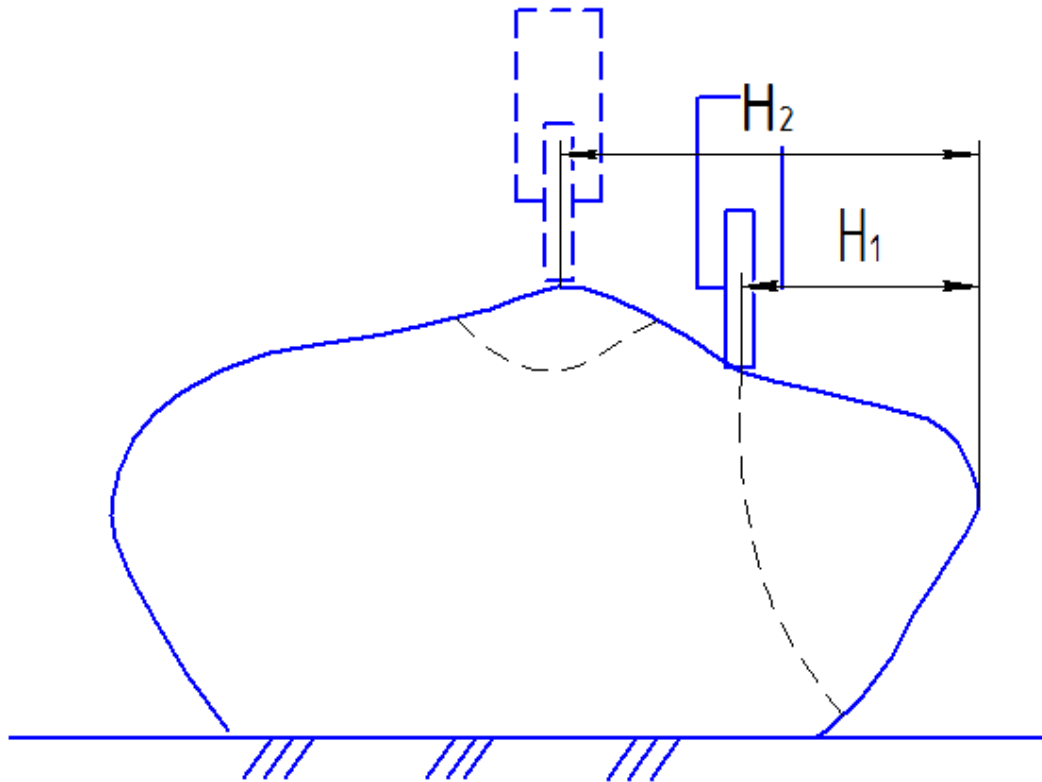


Рис. 1 – Схема відбивання (відбивання): сколювання при  $H=H_1$ ;  
виколювання при  $H=H_2$

Величина ядра ущільнення (заглиблення виконавчого органу та об'єм) є рівнозначною величині енергії, яка передається в ядро ущільнення.

Енергія, яка передається в ядро ущільнення, розраховується за формулою Набіулліна:

$$A_{яд} = \int_0^{h_{max}} F(h) dh, \quad (4)$$

где  $F(h)$  сила заглиблення;

$h_{max}$  - максимальне значення заглиблення.

Зі збільшенням площі взаємодії з гірською породою збільшуються затрати енергії на деформацію ядра ущільнення в сторону зовнішнього впливу, а при певному значенні повздовжнього деформування робота ядра ущільнення не змінюється та є постійною. Таким чином продуктивність відбивання постійна, а енергоємність збільшується.

Сила опору заглиблення виконавчого органу залежить від форми наконечника.

Сила опору заглиблення виконавчого органу з клиновидним наконечником складає (рис. 2):

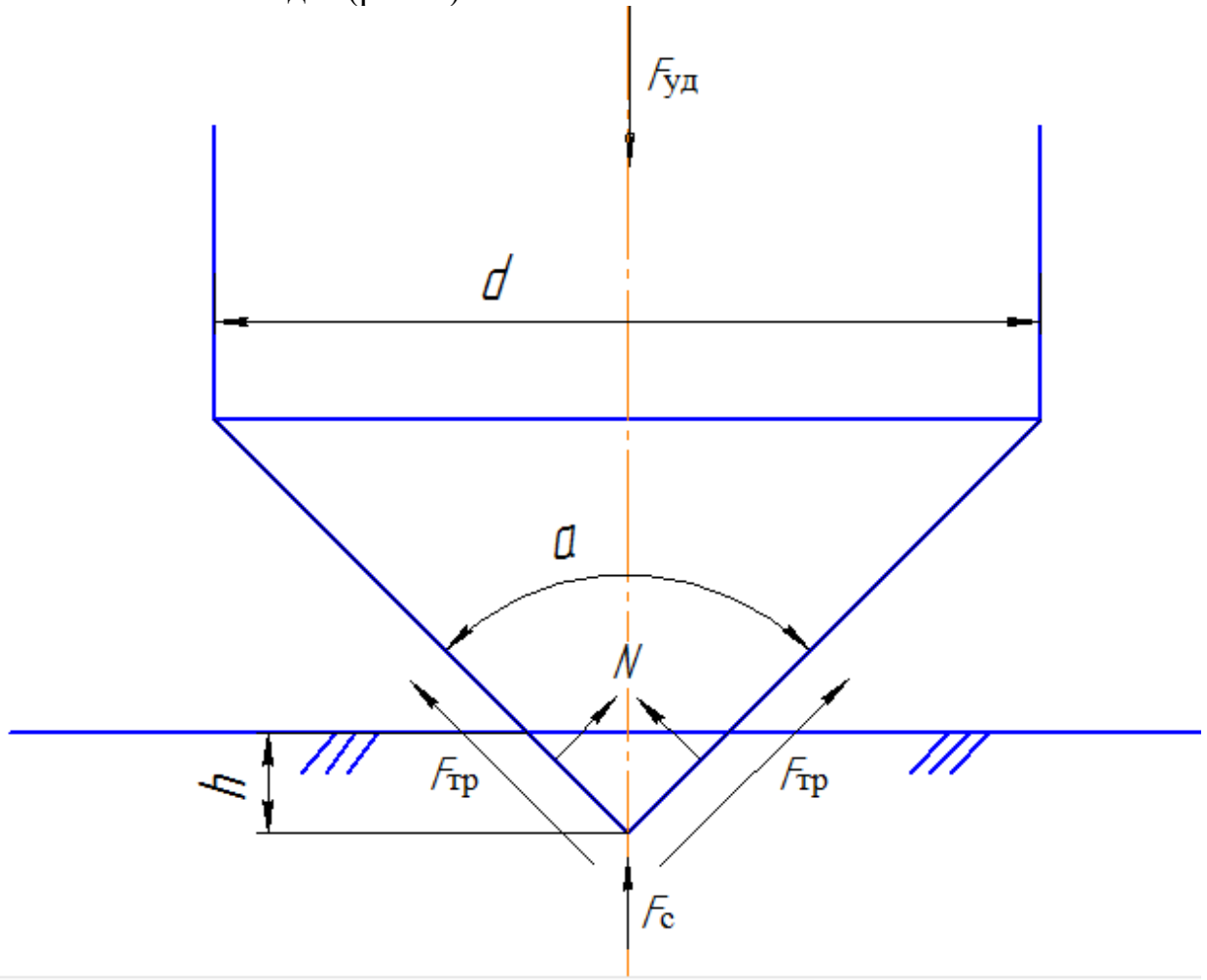


Рис. 2 – Схема для розрахунку сили опору заглиблення виконавчого органу клиновидної форми

$$F_c = 2 \left( N \sin \frac{a}{2} + F_{mp} \cos \frac{a}{2} \right) K_3 \quad (5)$$

де  $N$  – нормальна сила на боковій поверхні;

$F_{mp} = \mu \cdot N$  – сила тертя;

$a$  – кут загострення леза;

$K_3$  – коефіцієнт затуплення виконавчого органу;

$\mu$  – коефіцієнт тертя виконавчого органу з породою.

$$N = S_\kappa \cdot \sigma_\sigma \quad (6)$$

де  $\sigma_\sigma$  – межа міцності на стиснення.

Площа контакту наконечника з породою дорівнює

$$S_\kappa = \frac{dh}{\cos \frac{a}{2}}, \quad (7)$$

де  $d$  – діаметр виконавчого органу.

Ударна система (рис. 3) включає наступні елементи:

- поршень-ударник, який генерує ударну енергію;



- виконавчий орган (індентор), який передає енергію на негабарит;
- негабарит;
- основа.

Основними параметрами елементів системи, які надають значний вплив на ефективність процесу ударного руйнування, є наступними:

- параметри ударника: маса, розміри (довжина і діаметр), форма;
- параметри виконавчого органу: маса, розміри, форма наконечника, кут загострення леза;
- параметра негабариту: розміри, форма, об'єм, маса, міцність породи, характер опору негабариту;
- параметри основи: міцність, жорсткість.

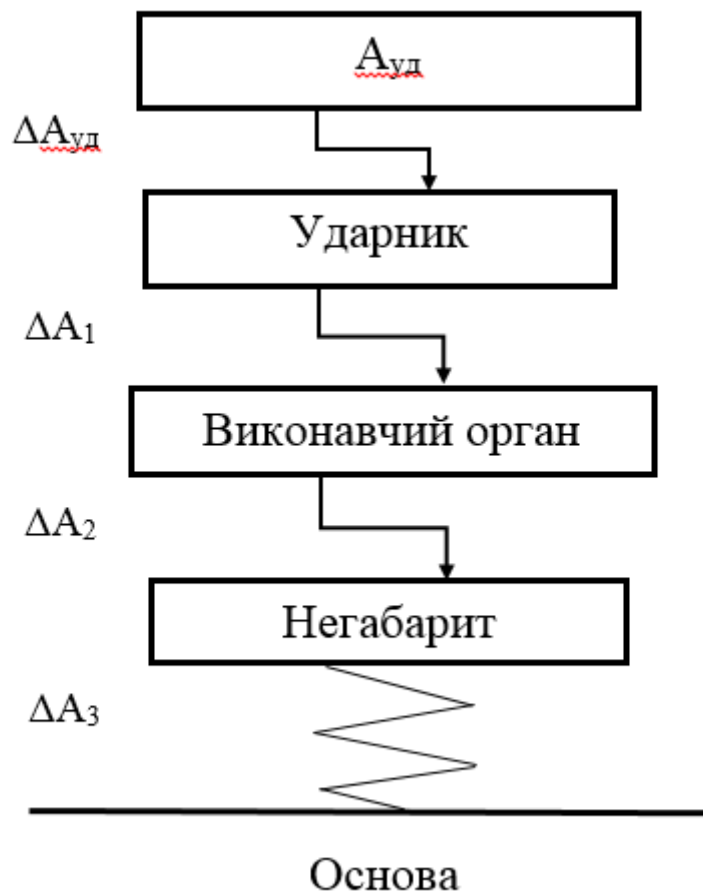


Рис. 3 – Модель ударної системи  
 $\Delta A_1$ ,  $\Delta A_2$ ,  $\Delta A_3$  – втрати енергії в ударній системі

Збільшення сили в площині з'єднання виконавчого органу з породою (при підвищенні динамічного опору породи, а також збільшення швидкості виконавчого органу) приводить до зниження амплітуди відбитого імпульсу і, відповідно, до підвищення ступеня використання енергії удару.

В загальному вигляді ККД ударної системи складає:

$$\eta_{yc} = \frac{A_{y\partial} - \Delta A_{y\partial} - \Delta A_1 - \Delta A_2 - \Delta A_3}{A_{y\partial}}, \quad (8)$$

або

$$\eta_{yc} = \eta_{y\partial} \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3, \quad (9)$$

де  $\Delta A_{y\partial}$  – втрата енергії при співударянні ударника з виконавчим органом;

$\eta_1$  – коефіцієнт, який враховує втрати енергії  $\Delta A_1$  при проходженні хвилі напружень по виконавчому органу;

$\eta_2$  - коефіцієнт, який враховує втрати енергії  $\Delta A_2$  в з'єднанні виконавчого органа з габаритом;

$\eta_3$  - коефіцієнт, який враховує втрати енергії  $\Delta A_3$  в основі.

Таким чином негабарит змінюється як фізико-механічно, так і динамічно. визначається характеристики ударної системи визначають величину передачі енергії удару до негабариту. Найбільші втрати енергії відбуваються при взаємодії інструмента з негабаритом. Показник втрат енергії при цьому визначається динамічним опором породи заглибленню інструменту, а також жорсткістю контакту інструмент-негабарит.

У **третьому розділі** описано особливості процесу руйнування негабаритів та аналіз робочих параметрів екскаваторів, виконано промислові дослідження технологічних параметрів гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD з метою вдосконалення руйнування негабаритних фракцій.

Найпоширеніші на гранітних родовищах екскаватори, які мають масу 15–28 т та максимальний радіус черпання 10–12 м.

На Березівському родовищі гранітів проводилися експерименти, із застосуванням гідравлічного INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD. До проведення експерименту було визначено об'єм, форму негабаритів (пластинчаста, стовбчаста, плитчаста або кубічна). Було визначено технічну характеристику екскаватору та гідравлічного молоту. Негабарити поділили за об'ємом по групам. Для кожного негабариту було визначено загальну кількість одиничних навантажень, усереднене значення кількість одиничних навантажень, сумарна енергія для дроблення шматків та питома енергоємність.

За результатами руйнування негабаритів, що розташовані в навалі (ширина робочого площадки 11 м, довжина 34 м) та при рівномірному розташуванні (ширина робочої площадки 16 м, довжина 41 м) побудовано графік залежностей між питомою енергоємністю та об'ємом негабариту (рис. 4, рис 5).

Питому енергоємність руйнування негабаритів при розміщенні негабариту в навалі в умовах Березівського родовища можна розрахувати за формулою:

$$E = -6,4 V^3 + 43,8 V^2 - 92,8 V + 82,3 \text{ (кДж/м}^3\text{)}, \quad (10)$$

де  $V$  – об'єм негабариту,  $\text{м}^3$ .

Питома енергоємність при рівномірному розташуванні розраховується за формулою:

$$E = -2,1 V^3 + 17,6 V^2 - 42,5 V + 48,5 \text{ (кДж/м}^3\text{)}, \quad (11)$$

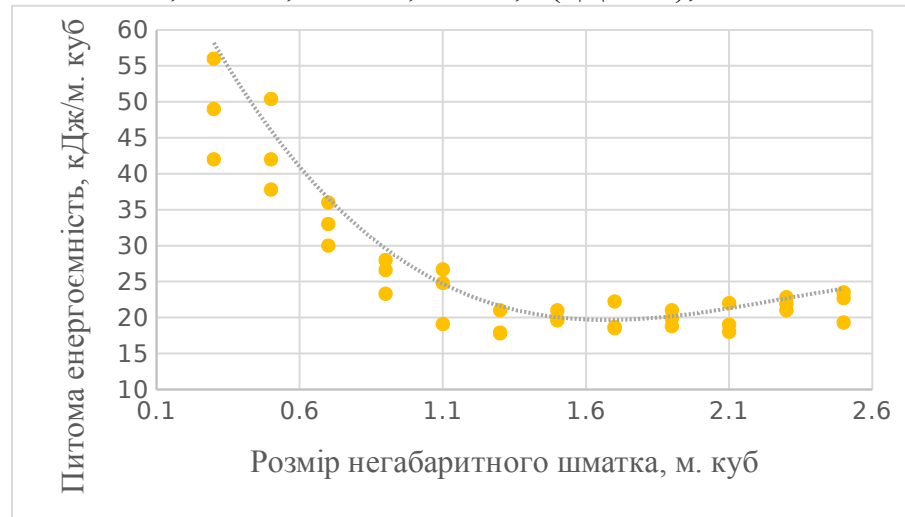


Рис. 4. – Графік залежності питомої енергоємності від об'єму негабариту при його розташуванні в навалі

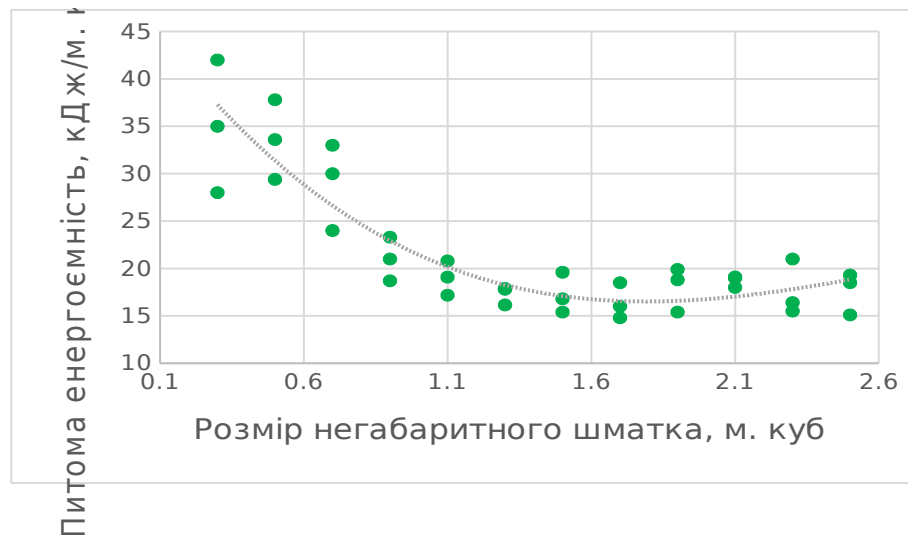


Рис. 5. – Графік залежності питомої енергоємності від об'єму негабариту при рівномірному розташуванні

З рис. 4 та рис. 5 видно, що для даних умов при розміщенні негабаритів в навалі, а також при рівномірному розміщенні оптимальний шматок за об'ємом складає  $1,6 \text{ м}^3$ .

При рівномірному розташуванні некондицій, виконання допоміжних операцій буде меншим ніж при розташуванні негабаритів в навалі тому, що при розташуванні некондицій в навалі витрачається час на перекладення некондиційного шматка для його швидкого руйнування, а також витягнення його з поміж інших негабаритів. Для рівномірного розташування некондиційних шматків породи потрібна більша площа робочої площадки,

внаслідок чого збільшиться час пересування екскаватору ніж при руйнуванні некондиційних шматків в навалі.

За результатами руйнування негабаритів, що розташовані в навалі (ширина робочого площадки 11 м, довжина 34 м) та при рівномірному розташуванні (ширина робочої площадки 16 м, довжина 41 м) побудовано графік залежностей між продуктивністю та об'ємом негабариту (рис. 6, рис 7).

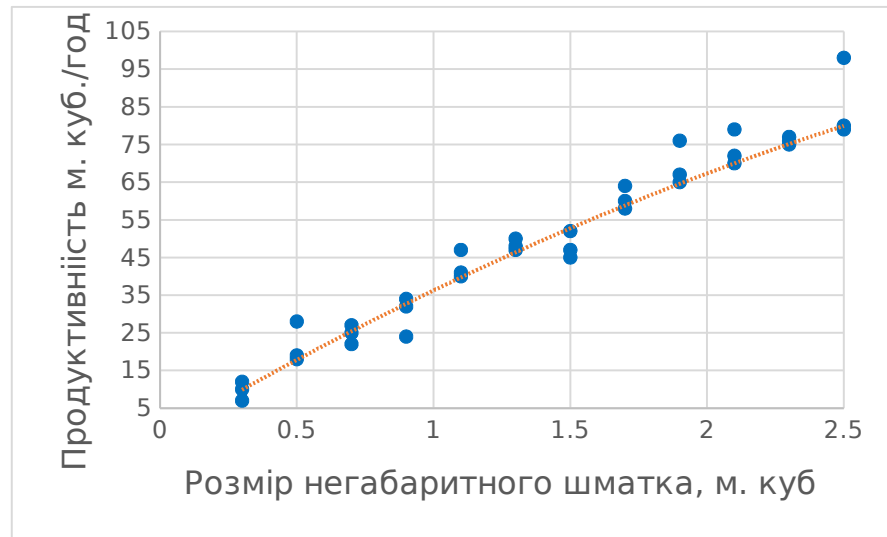


Рис. 6 – Залежність продуктивності гідромолота INDECO HP 1500 в залежності від об'єму негабариту при розташуванні некондиційних шматків в навалі

Залежність продуктивності від об'єму негабариту описується наступною формулою:

$$E = -3,9V^2 + 42,7V + 2,6 \quad (\text{м}^3/\text{год}), \quad (12)$$

де  $V$  – об'єм негабариту,  $\text{м}^3$ .

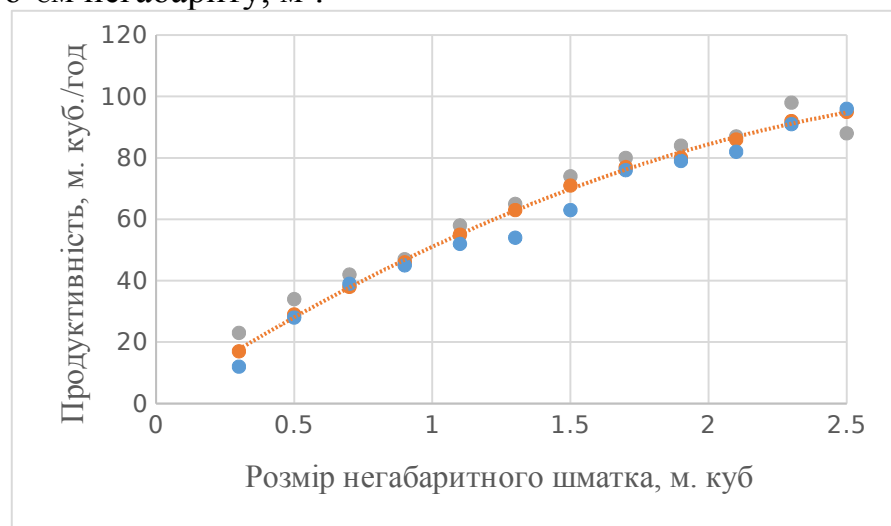


Рис.7 – Залежність продуктивності гідромолота INDECO HP 1500 в залежності від об'єму негабариту при розкладенні негабаритів рівномірно

Залежність продуктивності від об'єму описується наступним чином:

$$E = -8,4V^2 + 58,7V^{\square} + 0,83 \text{ (м}^3\text{/Год)}, \quad (13)$$

де  $V$  – об'єм негабариту, м<sup>3</sup>.

Таким чином залежність змінної продуктивності гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD від об'єму негабариту при рівномірному розміщенні та в навал, а також залежність питомої енергоємності від об'єму негабариту при рівномірному розміщенні та в навалі описуються квадратичними функціями.

У **четвертому розділі** проведено аналіз впливу поверхнево-активних речовин (ПАР) на міцність гірських порід, описано особливості технології вторинного дроблення негабаритних фракцій із застосуванням ПАР, а також запропонована конструктивна схема виконавчого органу для вторинного дроблення негабаритів із застосуванням ПАР.

Науковці експериментально довели, що підвищити якість руйнування гірських порід ударом можна, спрямовано змінивши їх властивості.

Змін властивостей гірських порід можна досягти завдяки використанню поверхнево-активних речовин (ПАР), дія яких проявляється в адсорбційному зниженні поверхневої енергії матеріалів (ефект Ребіндера).

У роботах науковців виділяється три стадії кінематики насичення гірських порід рідинами ПАР. Перший етап полягає у фільтрації розчинів по капілярним тріщинам з шириною  $10^{-3} - 10^{-7}$  м. Так, кінематика для першого етапу описується законами в'язкого протікання рідини по капілярам. Швидкість насичення (приріст вологості  $W$ ) наступною формулою:

$$W_1 = k_1 \sqrt{t}, \quad (14)$$

при 
$$k_1 \approx \sqrt{\frac{R \gamma_{mp} \cos \Theta}{2 \eta}} \quad (15)$$

де  $R$  – величина розкриття тріщини (радіус капіляра);

$\gamma_{mp}$  – поверхневе натягнення рідини на поверхні тріщини;

$\Theta$  – кінцевий кут змочування;

$\eta$  – коефіцієнт динамічної в'язкості.

Цей розрахунок не є точним, він служить лише приблизною оцінкою процесу в силу відмінності ідеального капіляра від геометрії реальної тріщини в гірській породі.

Крім того в роботі В.В. Синбулатова експериментально встановлено, що для розчинів ПАР темп капілярного насичення  $k_1$  значно вищий, ніж для чистої води.

Другий етап насичення пов'язана з двомірною міграцією активних розчинів по тріщинам і визначається у відповідності з теорією поверхневих явищ (П.Л. Ребіндер, И.В. Перцов) наступними механізмами. За рахунок різниці в концентрації активних молекул, які рухаються по поверхні тріщин одномолекулярного шару, по закону Гіббса виникає рушійна сила. Вона

змушує молекули ПАР переміщуватися до тих пір, поки розкриття тріщини не стане однаковим по розмірам окремої молекули.

Крім того, окремі молекули розривають «меніск», який утворився рідинною фазою в капілярній тріщині. Темп насичення на даній (другій) стадії є пропорційним логарифму часу [8,2]:

$$W_2 = k_2 \ln t \quad (16)$$

Для вивчення порід коефіцієнт  $k_2$  змінюється в широких межах. За рахунок дії активних молекул його величина зростає від 1,14 (порфірит) до 2,5 разів (вапняк)

Третя стадія насичення властива тільки розчинам ПАР и визначається розвитком тріщин в активному середовищі. Темп насичення лінійно залежить від часу [8,2]:

$$W_3 = k_3 t \quad (17)$$

Аналіз експериментальних даних показав, що для всіх вивчених порід коефіцієнт залежності кореляції не нижче 0,93.

Описані вище результати вивчення фрактальних характеристик тріщиноватості гірських порід в роботі підтверджують факт саморозвитку тріщин і збільшення їх концентрації, що забезпечує додаткові можливості фільтрації активних розчинів. Причому темпи насичення и розвитку другої стадії повзучості одного порядку, що свідчить про єдність їх природи – розвитку тріщин.

Експериментальні дослідження в умовах Березівського родовища показали, що знижується зношення та затуплення робочого органу в 1,2-1,5 рази в 1,5-2 рази знижується вихід пилу в залежності від міцності гірських порід.

Технологічно дроблення негабаритних шматків гірських порід мало чим відрізняється від традиційного дроблення гідравлічним молотом.

При використанні ПАР прискорюється процес дроблення шматків породи при його нанесенні на поверхню негабариту. Завдяки нанесенню ПАР на негабарит, порушується зв'язок в кристалічній та зерновій масі, що полегшує сколювання породи і внаслідок заглиблення інструменту.

При руйнуванні негабаритів доцільним є нанесення ПАР перед кожним наступним динамічним ударом шляхом набризку на поверхню. Це потребує створення насосу в компоновці з гідромолотом з урахуванням параметрів гідромолоту, швидкістю та кількістю ударів в момент часу, кількістю речовини для одиничного нанесення на негабарит.

Спеціальні дослідження по визначенню оптимального кута загострення клиновидного інструменту від 60% до 130% показали, що ефективність руйнування некондиційних шматків гірських порід при цьому змінювалась несуттєво.

Практика показує, що інструменти клиновидної форми найбільш ефективні при руйнуванні некондиційних шматків міцних скельних гірських порід, але тим не менш, дуже рідко застосовуються при веденні таких робіт. Це пояснюється тим, що вони швидко затупляються, нерівномірно

зношуються, а також спостерігається подрібнення кінцівки леза, що призводить до руйнування самого інструменту.

У зв'язку з цим з'являється можливість запропонувати такий інструмент для руйнування міцних гірських порід, з яким можна було б уникнути явищ, які описані вище. Тому пропонується створити інструмент на базі моделі клину з каналом для підведення поверхнево-активних речовин (ПАР).

Робоча частина інструменту по всій довжині має вигляд циліндра з діаметром 110 мм. Принципова схема зображена на рис 8. Лезо виконавчого органу обираємо з середнім значенням кута загострення 45%, тому як на кут загострення впливають властивості гірських порід, які руйнуються, та гірничо-технічні умови експлуатації такого інструменту.

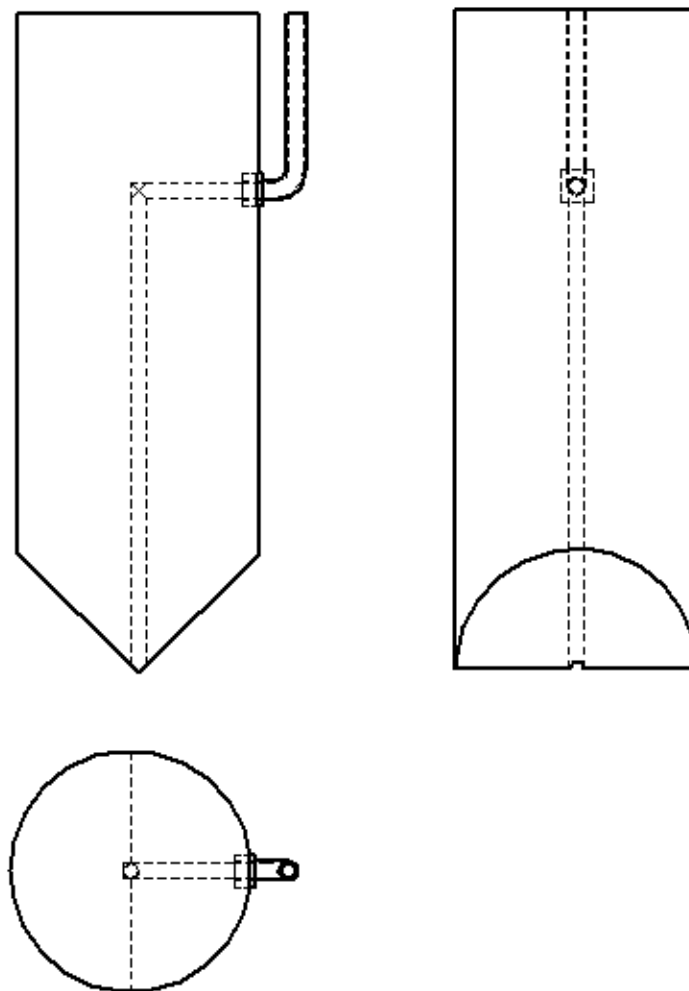


Рис 8 – Принципова схема конусного виконавчого органу в трьох видах.

Канал для ПАР проведений через виконавчий орган і має вихід на кінці клину у центрі циліндра для рівномірного та раціонального нанесення ПАР на поверхню негабаритного шматка, який руйнується. Діаметр каналу для ПАР складає 7 мм.

Канал для ПАР підводиться до виконавчого органу з бічної сторони (рис. 9), тому як конструктивні особливості гідромолоту не дозволяють розташувати канал уздовж усього циліндра виконавчого органу.

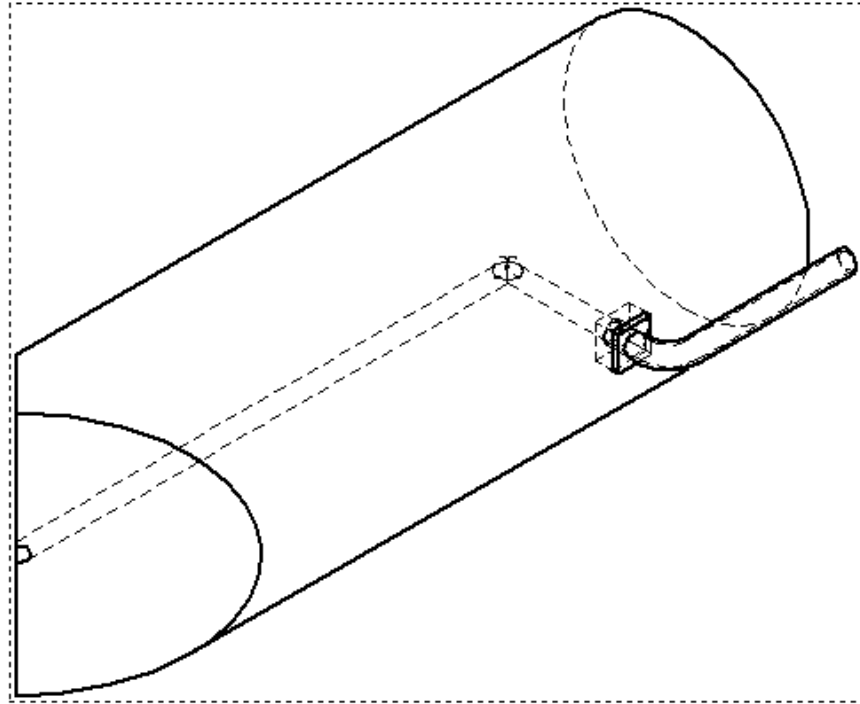


Рис. 9 – Вигляд конусного виконавчого органу з проєкціями контурів каналу для ПАР

Запропонований спосіб руйнування негабаритів дозволяє зменшити зношування виконавчого органу, за рахунок розвитку тріщин на поверхні некондиційного шматка, на який було нанесено ПАР.

Також ПАР дозволяє клиновидному інструменту швидше заглиблюватися у гірську породу з кожним наступним ударом. Це є важливим фактором при руйнуванні негабаритів, тому що зі збільшенням площі контакту інструменту з гірською породою збільшується сила удару інструменту на породу. Крім того, клиновидна форма виконавчого органу наперед прогнозує напрямок розвитку магістральних тріщин.

Однак практичне застосування такого органу з застосуванням ПАР, ще не було проведено, що свідчить про перспективність досліджень в цьому напрямку, а саме: розробці хімічного складу ПАР для конкретних умов застосування, а також дослідженні поведінки окремих гірських порід під дією ПАР.

Таким чином ПАР дозволяють зменшити міцність кварцових гірських порід і змінити механізм їх руйнування. За рахунок дії ПАР знижується знос та затуплення інструменту, а також вихід пилу. Запропоновано принципову схему виконавчого органу для гідромолоту з каналом для ПАР.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел проведених досліджень щодо вдосконалення технології руйнування гірських порід локальними динамічними навантаженнями встановлено, що ударний спосіб руйнування негабаритів є найменш енергоємним. На сьогоднішній день використання гідравлічних екскаваторів є основною базовою машиною для розташування на ньому змінного робочого гідравлічного та гідропневматичного молоту, переважають в автономності та мобільності з поміж інших видів базових машин, що свідчить про широкі можливості досліджень в області вторинного руйнування некондиційних шматків.

2. Негабарит характеризується змінюваністю як фізико-механічних властивостей породи, форми і об'єму, так і динамічних параметрів (динамічний модуль пружності, динамічний опір порід до заглиблення інструменту).

3. Параметри ударної системи визначають ступінь передачі енергії удару до некондиційного шматка породи. Рівень втрат енергії при цьому визначається динамічним опором породи заглибленню інструменту, а також жорсткістю контакту інструмент-негабарит, а також основними параметрами процесу руйнування негабаритів (відбивання) є величина заглиблення інструменту і крок відбивання, що є важливою складовою в процесі руйнування негабаритів.

4. Під час проведення експериментів на Березівському родовищі гранітів в Житомирській області отримано графіки залежності змінної продуктивності гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD від об'єму негабариту при рівномірному розташуванні та в навалі, а також питомої енергоємності від об'єму негабариту, які характеризуються квадратичними функціями.

5. На основі аналізу теоретичних та експериментальних досліджень в умовах Березівського родовища досліджень виявлено, що знижується зношення та затуплення робочого органу в 1,2-1,5 рази в 1,5-2 рази знижується вихід пилу в залежності від міцності гірських порід.

6. Запропоновано конструктивне рішення для інструменту гідравлічного молоту для підведення каналу для поверхнево-активної речовини, що дозволяє пришвидшити заглиблення індентора в мінеральний масив.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Оцінка ефективності руйнування гідромолотом негабаритів природного каменю / Кравець В.Г., Шукюров А., Вахрушев К.Ю., Панасюк А.В., Барановський А.Ю. // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – Житомир, 2017. – № 2 (80).

## АНОТАЦІЯ

**Вахрушев К.Ю. Вдосконалення технології руйнування гірських порід локальними динамічними навантаженнями. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 8.05030101 – Розробка родовищ та видобування корисних копалин. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2018.

Дисертація присвячена вдосконаленню технології руйнування гірських порід локальними динамічними навантаженнями а також вторинному дробленню негабаритів. Аналіз літературних джерел проведених досліджень щодо вдосконалення технології руйнування гірських порід локальними динамічними навантаженнями встановлено, що ударний спосіб руйнування негабаритів є найменш енергоємним. На сьогоднішній день використання гідравлічних екскаваторів є основною базовою машиною для розташування на ньому змінного робочого гідравлічного та гідропневматичного молоту, переважають в автономності та мобільності з поміж інших видів базових машин, що свідчить про широкі можливості досліджень в області вторинного руйнування некондиційних шматків.

В дисертації досліджено вплив технологічних характеристик гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 з метою вдосконалення технології руйнування гірських порід локальними динамічними навантаженнями. Крім того, отримано графіки залежності змінної продуктивності гідромолоту INDECO HP 1500 на базі екскаватора JCB JS235 HD від об'єму негабариту при рівномірному розташуванні та в навалі, а також питомої енергоємності від об'єму негабариту, які характеризуються квадратичними функціями.

На основі аналізу теоретичних та експериментальних досліджень в умовах Березівського родовища досліджень виявлено, що знижується зношення та затуплення робочого органу в 1,2-1,5 рази в 1,5-2 рази знижується вихід пилу в залежності від міцності гірських порід.

Запропоновано конструктивне рішення для інструменту гідравлічного молоту для підведення каналу для поверхнево-активної речовини, що дозволяє пришвидшити заглиблення індентора в мінеральний масив.

**Ключові слова:** негабарит, гідромолот, руйнування, виконавчий орган, екскаватор, бутобой, удар, поверхнево-активна речовина.

## АННОТАЦИЯ

**Вахрушев К.Ю. Совершенствование технологии разрушения горных пород локальными динамическими нагрузками. - Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени магистра по специальности 8.05030101 - разработка месторождений и добычи полезных ископаемых. - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, 2018.

Диссертация посвящена совершенствованию технологии разрушения горных пород локальными динамическими нагрузками а также вторичному дроблению негабаритов. Анализ литературных источников проведенных исследований по совершенствованию технологии разрушения горных пород локальными динамическими нагрузками установлено, что ударный способ разрушения негабаритов является наименее энергоемким. На сегодняшний день использование гидравлических экскаваторов является основной базовой машиной для размещения на нем сменного рабочего гидравлического и гидропневматического молота, преобладают в автономности и мобильности среди других видов базовых машин, что свидетельствует о широких возможностях исследований в области вторичного разрушения некондиционных кусков.

В диссертации исследовано влияние технологических характеристик гидромолота INDECO HP 1500 на базе экскаватора JCB JS235 с целью совершенствования технологии разрушения горных пород локальными динамическими нагрузками. Кроме того, получены графики зависимости сменной производительности гидромолота INDECO HP 1500 на базе экскаватора JCB JS235 HD от объема негабарита при равномерном расположении и в навале, а также удельной энергоемкости от объема негабарита, которые характеризуются квадратичными функциями.

На основе анализа теоретических и экспериментальных исследований в условиях Березовского месторождения исследований выявлено, что снижается износ и затупления рабочего органа в 1,2-1,5 раза в 1,5-2 раза снижается выход пыли в зависимости от прочности горных пород.

Предложено конструктивное решение для инструмента гидравлического молота для подвода канала для поверхностно-активного вещества, которое позволяет ускорить углубление индентора в минеральный массив.

**Ключевые слова:** негабарит, гидромолот, разрушение, исполнительный орган, экскаватор, бутобой, удар, поверхностно-активное вещество.

## ABSTRACT

**Vakhrushev K.Y. Improvement of technology of destruction of rocks by local dynamic loads. - The manuscript.**

Dissertation for a Master's Degree in specialty 8.05030101 - open pit excavation of fossils and deposits. - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named by Igor Sikorsky", Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to the improvement of technology of rock destruction by local dynamic loads as well as the secondary fragmentation of oversized beams. The analysis of the literature sources of the carried out researches on perfection of technology of destruction of rocks by local dynamic loads has established that the shock method of destruction of oversize is the least energy intensive. To date, the use of hydraulic excavators is the main basic machine for placing a removable working hydraulic and hydropneumatic hammer on it, they predominate in autonomy and mobility among other types of basic machines, which indicates the wide possibilities of research in the field of secondary destruction of substandard pieces.

In the dissertation the influence of technological characteristics of the INDECO HP 1500 hydraulic hammer on the basis of the JCB JS235 excavator was investigated with the purpose of improving the technology of rock destruction by local dynamic loads. In addition, we obtained graphs of the dependence of the replacement capacity of the INDECO HP 1500 hydraulic hammer on the basis of the JCB JS235 HD excavator on the size of the oversized container, evenly distributed and in bulk, as well as the specific energy intensity of the oversized volume, which are characterized by quadratic functions.

Based on the analysis of theoretical and experimental studies under the conditions of the Berezovskoye field of research, it was found that wear and bluntness of the working member decreases by a factor of 1.2-1.5, a yield of dust decreases by a factor of 1.5 to 2 depending on the strength of the rocks.

A constructive solution is proposed for a hydraulic hammer tool for supplying a channel for a surfactant, which makes it possible to accelerate the deepening of the indenter into the mineral massif.

**Key words: Key words: overbar, hydraulic hammer, destruction, executive body, excavator, crash hammer, impact, surfactant.**