

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ
ГІРСЬКИХ ПОРІД З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ ЯКІСНОГО ВИХОДУ
ФРАКЦІЙ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАРЯДІВ РІЗНОЇ ФОРМИ**

С. В. Коновал

Черкаський державний технологічний університет
бул. Т.Г. Шевченка, 460, 18000, м. Черкаси, Україна.
E-mail: seryoga.conoval@yandex.ru

Виконання вибухових робіт на кар'єрах нерудних корисних копалин має ряд особливостей, що істотно впливають на вибір способів вибухового подрібнення порід і типів вибухових речовин. Головна особливість – обмеження шматка породи не тільки за максимальними (негабаритними фракціями), але й мінімальними розмірами, тому що дрібні фракції відносять до некондиції, що зменшує вихід готової товарної продукції. Тому питання вибору технологічних параметрів буровибухового способу, що забезпечує раціональне подрібнення гірських порід при мінімальних витратах на відбивання та поліпшення екології навколишнього середовища є актуальною проблемою.

Ключові слова: нерудні корисні копалини, способи вибухового подрібнення, раціональне подрібнення гірських порід.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ
ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ВЫХОДА
ФРАКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАРЯДОВ РАЗНОЙ ФОРМЫ**

С. В. Коновал

Черкасский государственный технологический университет
бул. Т.Г. Шевченко, 460, 18000, г. Черкассы, Украина.
E-mail: seryoga.conoval@yandex.ru

Выполнение взрывных работ на карьерах нерудных полезных ископаемых имеет ряд особенностей, которые значительно влияют на выбор способов взрывного измельчения пород и типов взрывчатых веществ. Главная особенность – ограничение куска породы не только по максимальным (негабаритным фракциям), но и минимальным размерам, потому как мелкие фракции относятся к некондиции, что уменьшает выход готовой товарной продукции. Поэтому вопрос выбора технологических параметров буровзрывного способа, что обеспечивает рациональное измельчение горных пород при минимальных затратах на отбойку и улучшение экологии окружающей среды является актуальной проблемой.

Ключевые слова: нерудные полезные ископаемые, способы взрывного измельчения, рациональное измельчение горных пород.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Як відомо з літератури, існує ряд факторів, що впливають на якість вибуху. Вибираючи технологічні параметри буровибухово-

го способу відбивання гірських порід слід брати їх до уваги. Якісний вибух повинен задовольняти наступним вимогам – негабаритних шматків повинно бути не більше 2 – 3%. Як відомо, для їх руйнування необхідні додаткові матеріальні і трудові витрати, що в кінцевому результаті призводить до підвищення вартості і зменшення якості отриманої продукції. По-друге, розвал підірваної гірської маси не повинен перевищувати 2 – 2,5Н (де Н – висота уступу), що ускладнює роботу внутрішньокар'єрного транспорту і впливає на якість отриманої породи. Також в результаті вибуху не повинні утворюватися пороги в нижній частині забою, що ускладнить роботу на нижніх горизонтах, а заколи і козирки в забої після вибуху повинні бути мінімальними, щоб забезпечити безпечну роботу екскаваторів.

Мета роботи. Використовуючи відомі методи побудови математичних моделей спрогнозувати вихід гранулометричного складу з масиву порід в залежності від впливаючих факторів, використовуючи для порівняння результати експериментальних досліджень.

МАТЕРІАЛ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Щоб передбачити вихід фракцій, який отримується після вибуху в залежності від конструкції заряду було проведено математичне моделювання із зазначення параметрів, що впливають на якість подрібнення. Прогнозування фракційного чи гранулометричного складу продуктів руйнування отримало широке поширення при вирішенні практичних завдань видобутку, транспортування і переробки корисних копалин. Воно базується на принципах математичного моделювання, тобто вивчення за допомогою математичних моделей явищ, процесів і їх результатів. При чому метод математичного моделювання все більше застосовується для прогнозування і оцінки імовірності отримання певних класів (фракцій) продуктів руйнування чи їх усереднених показників перед усім при бурі вибухових роботах (БВР), механічному руйнуванні та подрібненні.

Математичне моделювання з метою прогнозування і керування гранулометричним складом продуктів руйнування, виходячи з основних уявлень математики, можна розділити на три етапи. Перший етап – формування законів, що зв'язують основні розмірні (чи безрозмірні) параметри шматків з фізичними чи статичними параметрами процесу. Другий – дослідження і аналіз математичної моделі з метою отримання вихідних даних по розміру шматка для подальшого їх порівняння з результатами процесів, що вивчаються на практиці. Третій етап являє собою з'ясування, чи задовольняє прийнята гіпотетична модель вибраному критерію, тобто чи узгоджуються результати практичних спостережень гранулометрії з теоретичними дослідженнями моделі в межах точності спостережень.

Якість руйнування гірських порід вибухом визначається великою кількістю зв'язаних між собою факторів, рівні яких істотно варіюють. Воно залежить як від головних факторів, обумовлюючих фізичні закономірності утворення шматків, так і другорядних факторів, випадкових, що характеризують відхилення від цих закономірностей, що визначає статистичний характер процесу руйнування гірських порід вибухом.

Для ефективного управління руйнуванням гірських порід вибухом необхідно мати кількісний опис взаємозв'язків між характеристиками вибуховості порід

(фізико-механічні властивості порід, їх тріщинуватість різних рівнів) і типів вибухових речовин (ВР), що застосовуються, параметрами розташування і вибуху зарядів ВР в масиві і кінцевими результатами вибуху. З цією метою передбачається встановити закон розподілу гранулометричного складу підірваної гірської маси чи вид функцій розподілу, розрахувати параметри встановленого закону, побудувати математичну модель і здійснити прогнозування гранулометричного складу підірваної гірської породи.

Для порівняння отриманих результатів математичного моделювання з результатами реального вибуху було проведено дослідження в полігонних умовах з тими ж параметрами. Дослідження було проведено на цементно-піщаних моделях кубічної форми. Моделі виготовлялися в лабораторних умовах. В частині моделей (9 шт.) в якості заповнювача був використаний мілкий річковий пісок, в іншій частині (9 шт.) був використаний мілкий річковий пісок та гранітний відсів. В результаті було отримано 18 кубічних моделей марки М 400. Кубічні моделі виготовлялися в спеціальних формах та мали розміри 150×150×150 мм.

В центрі кожної моделі в процесі виготовлення було влаштовано отвір циліндричної форми (Ø 16 мм, L=80 мм) для влаштування заряду вибухової речовини.

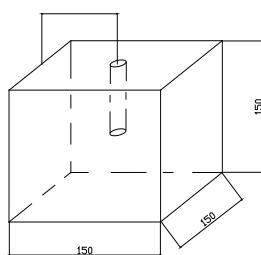


Рисунок 1 – Модель кубічної форми з ребром 150 мм

Для створення конструкції заряду різної форми було виготовлено гільзи з картону трикутної (6 шт.), квадратної (6 шт.) та круглої (6 шт.) форми в перерізі.

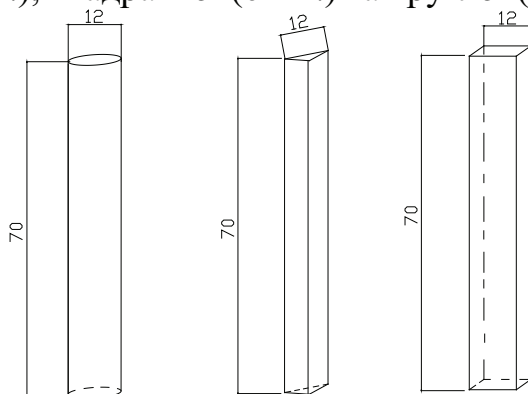


Рисунок 2 – Гільзи з картону для формування зарядів ВР різної форми

Гільза встановлювалася в отвір, попередньо влаштований в моделі. В гільзу встановлювався капсуль детонатор та вибухова речовина "Компалайт".

Ініціювання вибуху відбувалося з використанням неелектричної системи "Імпульс".

Зовнішній простір навколо гільзи в отворі кубічної моделі було заповнено: піском (6 шт.), повітрям (6 шт.), водою (6 шт.). Комбінація різних параметрів дала можливість оцінити вплив форми заряду та матеріалу, що заповнює середовище навколо гільзи в свердловині на якість подрібнення порід. В кожному випадку влаштовувалася забивка з мілкового річкового піску.

Вибухи (18 шт.) було проведено в полігонних умовах з використанням спеціальної вибухової камери, що являє собою металевий ящик, обшитий з середини гумою. Моделі підривалися по черзі. Після кожного вибуху отримані фракції відбиралися, окремо сортувалися в пакунки і кожен пакунок маркувався із зазначенням порядкового номеру, конструкції гільзи та середовища навколо гільзи.

Після проведення дослідів в полігонних умовах, в лабораторії було проаналізовано гранулометричний склад отриманої маси кожної кубічної моделі, визначена вага і відсоток від загальної маси моделі. На основі отриманих лабораторних результатів було проведено математичне моделювання з застосуванням методу групового урахування аргументів (МГУА).

За допомогою МГУА було проведено дослідження зміни властивостей факторів при зміні форми заряду. Розв'язувалась задача ідентифікації функціональної залежності виходу фракцій різного гранулометричного складу в залежності від конструкції і форми заряду при дослідженні на цементно-піщаних моделях.

За допомогою МГУА було синтезовано математичну модель процесу руйнування цементно-піщаних моделей зарядами різної конструкції та форми перерізу і отримання гранулометричного складу різних фракцій, а також перевірено її на адекватність (рис. 3–6).

Визначення впливовості факторів та побудова графіків дали змогу визначити динаміку впливаючих показників в досліджуваному діапазоні.

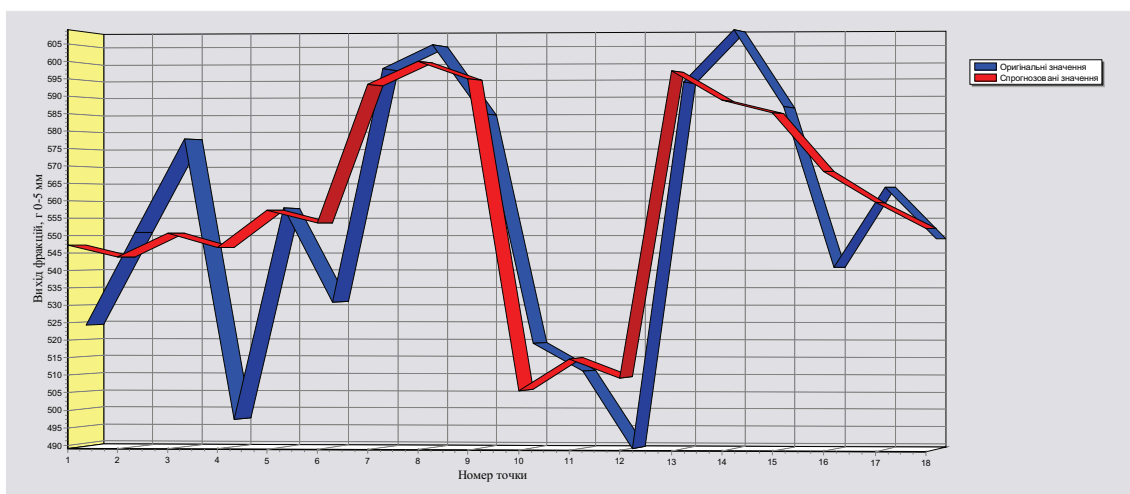


Рисунок 3 – Вихід фракції 0–5 мм

ТЕХНІКА Й ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРИВНИХ РОБІТ НА ДЕННІЙ ПОВЕРХНІ Й У ПІДЗЕМНИХ УМОВАХ

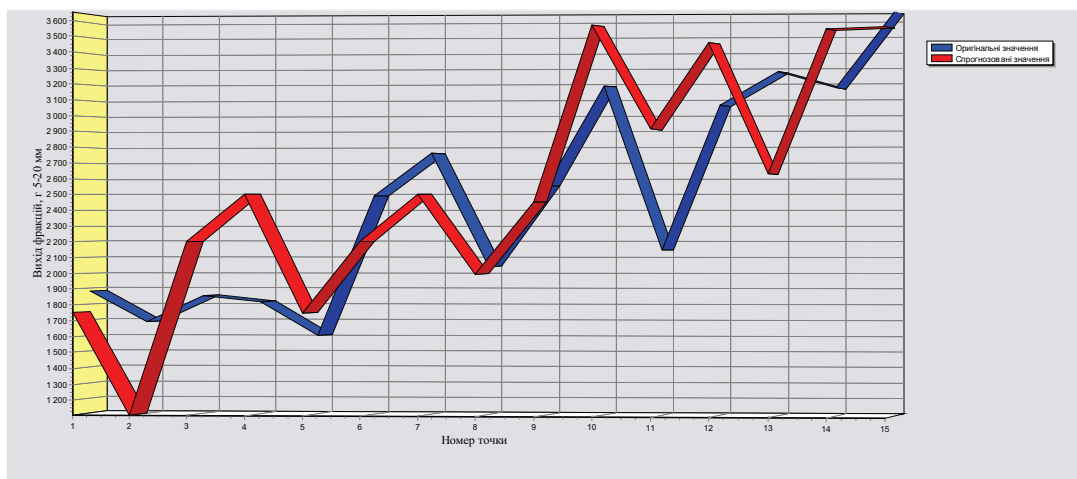


Рисунок 4 – Вихід фракції 5–20 мм

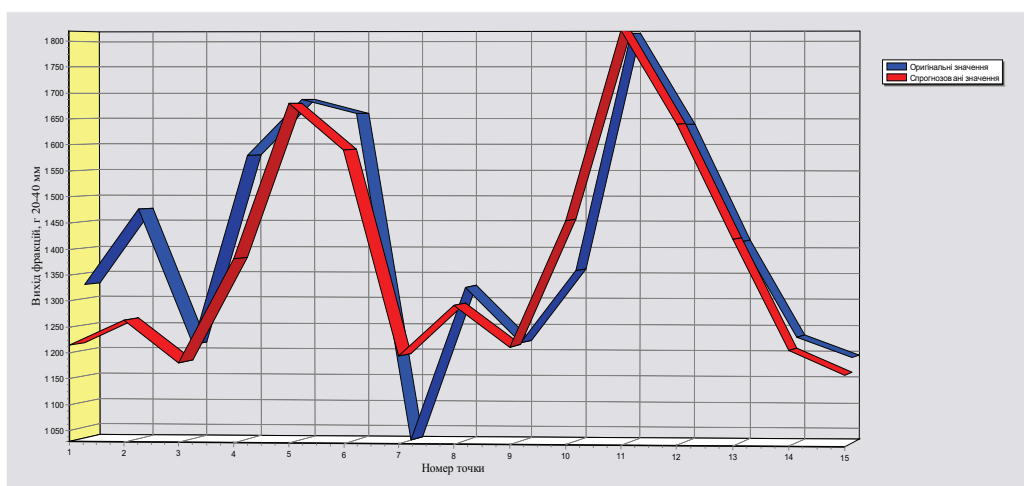


Рисунок 5 – Вихід фракції 20–40 мм

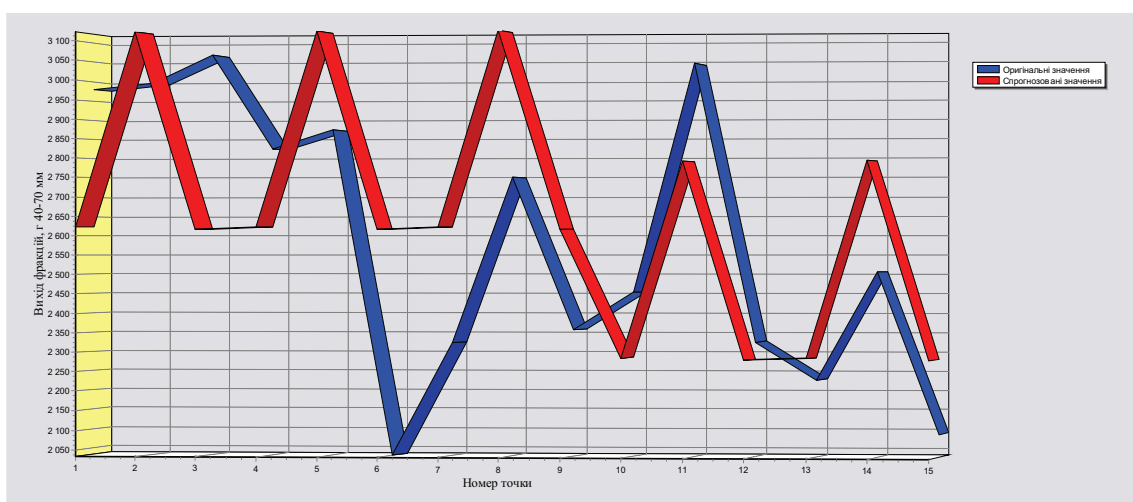


Рисунок 6 – Вихід фракції 40–70 мм

ВИСНОВКИ. В результаті математичного моделювання і проведених дослідів в полігонних умовах було доведено, що результати математичного прогнозування підтверджені проведеними полігонними випробуваннями на моделях кубічної форми з допустимою похибкою.

Інтенсивність руйнування кубічних моделей при сталій кількості вибухової речовини залежить від форми заряду.

На інтенсивність руйнування цементно-піщаних кубічних моделей значний вплив має середовище та його густина в залежності від матеріалу (повітря, вода, пісок) між зарядом і стінкою моделі в отворі.

Застосування технології формування свердловинних зарядів з регульованою енергією вибуху шляхом зміни площі контакту ВР зі стінками свердловин питомою енергією вибуху, що передається породі через одиницю бічної поверхні заряду, забезпечує реальний економічний ефект за рахунок зменшення об'єму негабариту та переподібнених фракцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ефремов Э.И., Кравцов В.С., Мячина Н.И., Родак С.Н., Шеленок В.В., Никифорова В.А. Основы теории и методы взрывного дробления горных пород. – К.: Наукова думка, 1979.
2. Ефремов Э.И., Петренко В.Д., Пастухов А.И. Прогнозирование дробления горных массивов взрывом. – К.: Наукова думка, 1990.
3. Новицький І.В. Теорія ймовірностей і математична статистика. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2010.
4. Турчин В.М. Математична статистика. – К.: Академія, 1999.
5. Долударева Я.С. Экспериментальная оценка влияния формы и конструкции заряда на эффективность направленного раскола // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КДПУ, 2012. – Вип. 2/2012. С. 2329.

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES OF ROCK TO OBTAIN A QUALITATIVE OUTPUT FRACTIONS USING DIFFERENT FORMS OF CHARGESV

S. Konoval

Cherkassy State Technological University

boul. T.G. Shevchenko, 460, Cherkassy, 18000, Ukraine.

E-mail: seryoga.konoval@yandex.ru

Blasting in quarrying nonmetallic minerals has several features which significantly influence the choice of methods explosive crushing rocks and types of VM. The main feature - a piece of rock restrictions not only on the maximum (oversize fractions), but the minimum size because the fines referred to nekondytsiyi, which reduces the yield of finished marketable products. Therefore, the choice of process parameters drilling method that provides efficient grinding rocks at minimal cost to reflection and environmental improvement of the environment is an urgent problem.

Key words: non-metallic minerals, how explosive crushing, grinding rational rocks.

REFERENCES

1. Efremov, E.I., Kravtsov, V.S., Myachina, N.I., Rodak, S.N., Shelenok, V.V. and Nikiforova, V.A. (1979), *Osnovy teorii i metody vzrivnogo drobleniya gornyh porod* [Fundamentals of the theory and methods of blasting rock crushing], Naukova Dumka, Kyiv, Ukraine.
2. Efremov, E.I., Petrenko, V.D. and Shepherds, A.I. (1990), *Prognozirovanie drobleniya gornyh masivov vzryvom* [Prediction of crushing mountains explosion], Naukova Dumka, Kyiv, Ukraine.
3. Novitsky, I.V. (2010) *Teoriya ymovirnostey i matematicheskaya statistica*, Natsionalny girnichy universitet, Dnipropetrovs'k, Ukraine.
4. Turchin, V.M. (1999), *Mathematicheskaya statistica*, Akademiya, Kyiv, Ukraine.
5. Doludareva, Y.S. (2012), *Ecsperemental'naya ocenka vliyaniyaformy i konstrukcii zaryada na effektivnost' napravlennogo rascola* [An experimental assessment of the influence of the shape and design of the charge on the effectiveness of the directional split], *Suchasni resursoenergozberigayuchi tehnologii girnichogo virobnitstva*, vol. 2.

Стаття надійшла 22.10.2013