

диспетчеру сообщением о необходимости изменения ограничений. Если диспетчер считает, что такое решение не может быть использовано в системе, производится уточнение ограничений и процесс поиска допустимого решения повторяется.

Внедрение рассмотренной задачи в составе АСУ добычными работами на разрезе «Богатырь» ПО «Экибастузуголь» обеспечило сокращение продолжительности простоев горнотранспортного оборудования на 30-35 % и снижение затрат добычи угля на 4-5 %.

### **Выводы**

Разработана математическая модель задачи оптимизации суточных (сменных) объемов добычи угля по забоям, минимизирующая отклонение объемов добычи угля от план-графика по отдельным забоям, разработанного при месячном планировании, и учитывающая производительность эскаваторов, запасы и качественные показатели угля на складах УПК, выполнение требуемых количественных и качественных показателей по разрезу.

### **Список использованных источников**

1. Пушкин С.П. Оптимизация добычи угля в условиях сложноструктурных залежей / Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво». – Збірник наукових праць. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – вип. 24. – С.66-71.

*Статья поступила в редакцию 11.11.2014 г.*

УДК 622.235.5:622.271.2

**Р. В. Соболевський**, к. т. н., доц. (ЖДТУ)

### **ОПТИМІЗАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУВАННЯ ДЕКОРАТИВНОГО КАМЕНЮ**

---

**R. V. Sobolevskyi** (Zhytomyr State Technological University)

### **OPTYMIZATSIIINE MODELIVANNIA TEKHOLOGII VYDOBUVANNIA DEKORATYVNOGO KAMENIU**

*Розглянуто і проаналізовано методику та алгоритм для забезпечення підвищення виходу блокової продукції та зниження втрат і відходів сировини при видобуванні декоративного каменю.*

***Ключові слова:** блочна продукція, оптимізаційне моделювання, декоративний камінь, вихід блоків.*

*Рассмотрены и проанализированы методика и алгоритм для обеспечения повышения выхода блочной продукции, снижения потерь и отходов сырья при добыче декоративного камня.*

***Ключевые слова:** блочная продукция, оптимизационное моделирование, декоративный камень, выход блоков.*

*Considered and analyzed the methodology and algorithm for improving blocks output, reducing losses and waste material during extraction of ornamental stone.*

***Keywords:** production, optimization modeling, decorative stone, output units.*

**Вступ.** Аналіз сучасного стану каменедобувної галузі України дозволяє виявити низьку якість та невідповідність світовим стандартам кам'яних блоків і кам'яної продукції вітчизняних каменедобувних і каменеобробних підприємств, що зумовлено недосконалістю технології видобування блоків та негативним впливом останньої на технологічні, фізико-технічні та декоративні властивості сировини. Однією з основних причин, яка зумовлює погіршення властивостей каменю є недостатнє врахування особливостей будови масиву та його впливу на якість блоків при їх видобуванні, а також недосконалі технічні і технологічні розробки комплексності використання сировини.

Отже, створення ефективних технологій видобування блоків можливе лише при ретельному вивченні та врахуванні тріщинуватості масиву при розробці технологічних комплексів. Таким чином, створення математичної моделі форми природної окремої на основі визначення закономірностей розвитку тріщинуватості масивів на підставі гірничо-геометричного аналізу структур покладів декоративного каменю з метою зменшення його втрат і підвищення раціональності його використання є актуальною науковою задачею.

**Метою роботи** є оптимізація технології видобування декоративного каменю на основі математичного моделювання форм природних окремої.

**Результати досліджень.** При видобуванні та обробці декоративного каменю досить суттєвим чинником є зміна його властивостей залежно від орієнтації граней блока відносно тріщин окремої. Різниця властивостей декоративного каменю впливає на економічність процесів добування та обробки, що робить досить актуальним оптимізаційне моделювання процесів видобування, дослідженням якого займались М. Т. Бакка [1], И. В. Ильченко [1], Lanru Jing [2], Luodes H. [3], Sutinen H. [3], Palmstrom A. [4], Katherine S. Kalenchuk [5], Mark S. Diederichs [5], Steve McKinnon [5] та ряд інших науковців. Проте слід зазначити, що ефективного вирішення даної науково-практичної задачі на сьогоднішній день не знайдено. В працях [2,4,5] мало приділено уваги створенню математичної моделі природної окремої та блоку, в той час як використання симплексного аналізу в [2] суттєво ускладнює подальше оптимізаційне моделювання, яке найбільш вдало реалізоване в [4]. Для більшості вивчених наукових праць в даному науковому питанні характерна відсутність аналізу впливу ефективності подальшого виготовлення готової продукції на каменеобробних підприємствах.

Початковою стадією виготовлення продукції з декоративного каменю є добування блоків, яке здійснюється різними способами. Найбільш поширеними способами добування високоміцного декоративного каменю є тріщиноутворюючі способи, які ґрунтуються на розколюванні масиву гірської породи, а однією з найбільш енерго-, ресурсо- та праце містких операцій виготовлення продукції з декоративного каменю беззаперечно є розпилювання блоків. При визначенні орієнтації площини розпилювання, а відповідно і більшої грані блока, відносно систем тріщин слід підходити індивідуально до кожного родовища, забезпечуючи максимальне врахування технологічних, технічних і економічних чинників.

Оптимізація технології видобування блоків декоративного каменю вимагає створення максимально точної тривимірної моделі природної окремістї, в основі якої лежатимуть поверхні, які відповідають перетину трьох вільних площин, утворених при підготовці декоративного каменю до виймання, із природніми тріщинами та цих тріщин між собою, в результаті чого утворюється багатогранник  $ABCDEFGH$  (рис.1).

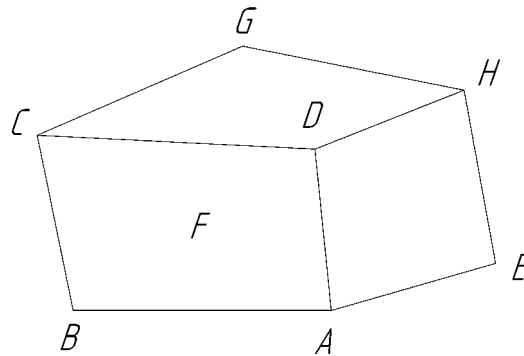


Рис. 1. Багатогранник утворений перетином вільних площин і природніх тріщин в масиві

Координати відповідних точок  $A(a_1, a_2, a_3)$ ,  $B(b_1, b_2, b_3)$ ,  $C(c_1, c_2, c_3)$ ,  $D(d_1, d_2, d_3)$ ,  $E(e_1, e_2, e_3)$ ,  $G(g_1, g_2, g_3)$ ,  $H(h_1, h_2, h_3)$  можуть бути визначити за результатами безпосередніх вимірювань, а координати точки  $F$  явно визначити неможливо, що зумовлено її розташуванням в середині масиву. Для вирішення даної задачі виконаємо деякі спрощення: перенесемо початок координат в точку  $A$ . Тоді координати відомих точок становитимуть:

$$\begin{aligned} &A(a_1 - a_1, a_2 - a_2, a_3 - a_3), B(b_1 - a_1, b_2 - a_2, b_3 - a_3), C(c_1 - a_1, c_2 - a_2, c_3 - a_3), \\ &D(d_1 - a_1, d_2 - a_2, d_3 - a_3), E(e_1 - a_1, e_2 - a_2, e_3 - a_3), G(g_1 - a_1, g_2 - a_2, g_3 - a_3), \\ &H(h_1 - a_1, h_2 - a_2, h_3 - a_3). \end{aligned}$$

Наприклад, позначивши:  $b_1 - a_1 = b'_1$ , і так далі, отримаємо:  $A(0,0,0)$ ,  $B(b'_1, b'_2, b'_3)$ ,  $C(c'_1, c'_2, c'_3)$ ,  $D(d'_1, d'_2, d'_3)$ ,  $E(e'_1, e'_2, e'_3)$ ,  $G(g'_1, g'_2, g'_3)$ ,  $H(h'_1, h'_2, h'_3)$ .

Рівняння відповідних площин матиме вигляд:

$$BCG: \begin{cases} K_1(x - b'_1) + L_1(y - b'_2) + M_1(z - b'_3) = 0, \\ K_1(c'_1 - b'_1) + L_1(c'_2 - b'_2) + M_1(c'_3 - b'_3) = 0, \\ K_1(g'_1 - b'_1) + L_1(g'_2 - b'_2) + M_1(g'_3 - b'_3) = 0; \end{cases} \Rightarrow K'_1x + L'_1y + M'_1z + N'_1 = 0,$$

$$\begin{aligned}
 GHE: & \begin{cases} K_2(x - g_1) + L_2(y - g_2) + M_2(z - g_3) = 0, \\ K_2(h_1 - g_1) + L_2(h_2 - g_2) + M_2(h_3 - g_3) = 0, \Rightarrow K_2'x + L_2'y + M_2'z + N_2' = 0, \\ K_2(e_1 - g_1) + L_2(e_2 - g_2) + M_2(e_3 - g_3) = 0; \end{cases} \\
 ABE: & \begin{cases} K_3(x - a_1) + L_3(y - a_2) + M_3(z - a_3) = 0, \\ K_3(b_1 - a_1) + L_3(b_2 - a_2) + M_3(b_3 - a_3) = 0, \Rightarrow K_3'x + L_3'y + M_3'z = 0, \\ K_3(e_1 - a_1) + L_3(e_2 - a_2) + M_3(e_3 - a_3) = 0; \end{cases} \\
 ADH: & \begin{cases} K_4(x - a_1) + L_4(y - a_2) + M_4(z - a_3) = 0, \\ K_4(d_1 - a_1) + L_4(d_2 - a_2) + M_4(d_3 - a_3) = 0, \Rightarrow K_4'x + L_4'y + M_4'z = 0, \\ K_4(h_1 - a_1) + L_4(h_2 - a_2) + M_4(h_3 - a_3) = 0; \end{cases} \\
 ABD: & \begin{cases} K_5(x - a_1) + L_5(y - a_2) + M_5(z - a_3) = 0, \\ K_5(b_1 - a_1) + L_5(b_2 - a_2) + M_5(b_3 - a_3) = 0, \Rightarrow K_5'x + L_5'y + M_5'z = 0, \\ K_5(d_1 - a_1) + L_5(d_2 - a_2) + M_5(d_3 - a_3) = 0; \end{cases} \\
 CDH: & \begin{cases} K_6(x - c_1) + L_6(y - c_2) + M_6(z - c_3) = 0, \\ K_6(d_1 - c_1) + L_6(d_2 - c_2) + M_6(d_3 - c_3) = 0, \Rightarrow K_6'x + L_6'y + M_6'z + N_6' = 0, \\ K_6(h_1 - c_1) + L_6(h_2 - c_2) + M_6(h_3 - c_3) = 0; \end{cases}
 \end{aligned}$$

Це дає можливість визначення координат точки  $F(f_1', f_2', f_3')$ , як точки перетину трьох площин:  $BCG$ ,  $GHE$  та  $ABE$  з наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} K_1'x + L_1'y + M_1'z + N_1' = 0, \\ K_2'x + L_2'y + M_2'z + N_2' = 0, \Rightarrow (f_1', f_2', f_3'), \\ K_3'x + L_3'y + M_3'z = 0. \end{cases}$$

Одержані координати всіх характерних точок природної окремоті, дозволяють обрахувати об'єм як всієї окремоті (багатогранник  $ABCDEFGH$ ) так і окремих блоків. Для полегшення розрахунків доцільно виконати диференціацію моделі природної окремоті на простіші фігури, об'єми яких можна розрахувати скориставшись стандартними формулами. В основу диференціації буде покладена мінімальна відстань від площини  $ADH$  до однієї з точок  $B, C, F, G$ , яка визначається з виразу:

$$\begin{aligned}
 \text{точки, } B: d_B &= \frac{1}{\sqrt{(K_4')^2 + (L_4')^2 + (M_4')^2}} (b_1' \cdot K_4' + b_2' \cdot L_4' + b_3' \cdot M_4'), \\
 C: d_C &= \frac{1}{\sqrt{(K_4')^2 + (L_4')^2 + (M_4')^2}} (c_1' \cdot K_4' + c_2' \cdot L_4' + c_3' \cdot M_4'), \\
 F: d_F &= \frac{1}{\sqrt{(K_4')^2 + (L_4')^2 + (M_4')^2}} (f_1' \cdot K_4' + f_2' \cdot L_4' + f_3' \cdot M_4'), \\
 G: d_G &= \frac{1}{\sqrt{(K_4')^2 + (L_4')^2 + (M_4')^2}} (g_1' \cdot K_4' + g_2' \cdot L_4' + g_3' \cdot M_4').
 \end{aligned}$$

І через точку, відстань від якої до площини є мінімальною, наприклад точка  $B$ , будується площина паралельна площині  $ADH$ , рівняння якої має вигляд:

$$\begin{aligned} K_4'(x - b_1') + L_4'(y - b_2') + M_4'(z - b_3') &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow K_4'x + L_4'y + M_4'z - (K_4'b_1' + L_4'b_2' + M_4'b_3') &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow K_4'x + L_4'y + M_4'z + N_4' &= 0. \end{aligned}$$

Таким чином утвориться новий багатогранник:  $ABC^1DEF^1G^1H$  (рис.2), де координати нових точок  $C^1, F^1, G^1$  визначаються з розв'язку відповідних систем рівнянь:

$$\begin{aligned} C^1 : \begin{cases} K_5'x + L_5'y + M_5'z = 0, \\ K_6'x + L_6'y + M_6'z + N_6' = 0, \Rightarrow (c_1^1, c_2^1, c_3^1), \\ K_4'x + L_4'y + M_4'z + N_4' = 0; \end{cases} \\ F^1 : \begin{cases} K_3'x + L_3'y + M_3'z = 0, \\ K_2'x + L_2'y + M_2'z + N_2' = 0, \Rightarrow (f_1^1, f_2^1, f_3^1), \\ K_4'x + L_4'y + M_4'z + N_4' = 0; \end{cases} \\ G^1 : \begin{cases} K_2'x + L_2'y + M_2'z + N_2' = 0, \\ K_6'x + L_6'y + M_6'z + N_6' = 0, \Rightarrow (g_1^1, g_2^1, g_3^1), \\ K_4'x + L_4'y + M_4'z + N_4' = 0. \end{cases} \end{aligned}$$

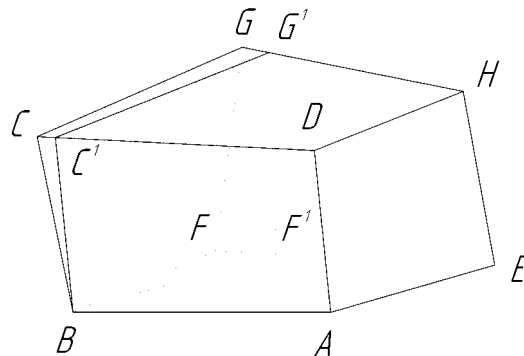


Рис. 2. Багатогранник  $ABC^1DEF^1G^1H$

Площу багатогранника  $ABC^1DEF^1G^1H$  можна визначити з виразу:

$$V_{ABC^1DEF^1G^1H} = \frac{d_B}{3} (S_{ADHE} + S_{BC^1F^1G^1} + \sqrt{S_{ADHE} \cdot S_{BC^1F^1G^1}}), \text{ де:}$$

$$\begin{aligned} S_{ADHE} &= \frac{1}{2} \sqrt{(h_1')^2 + (h_2')^2 + (h_3')^2} \cdot \sqrt{(d_1' - e_1')^2 + (d_2' - e_2')^2 + (d_3' - e_3')^2} \times \\ &\times \sqrt{1 - \frac{(h_1'(d_1' - e_1') + h_2'(d_2' - e_2') + h_3'(d_3' - e_3'))^2}{((h_1')^2 + (h_2')^2 + (h_3')^2) \cdot ((d_1' - e_1')^2 + (d_2' - e_2')^2 + (d_3' - e_3')^2)}} \end{aligned}$$

$$S_{BC^1F^1G^1} = \frac{1}{2} \sqrt{(b_1' - g_1')^2 + (b_2' - g_2')^2 + (b_3' - g_3')^2} \times \\ \times \sqrt{(c_1^1 - f_1^1)^2 + (c_2^1 - f_2^1)^2 + (c_3^1 - f_3^1)^2} \times \\ \times \sqrt{1 - \frac{((b_1' - g_1')(c_1^1 - f_1^1) + (b_2' - g_2')(c_2^1 - f_2^1) + (b_3' - g_3')(c_3^1 - f_3^1))^2}{((b_1' - g_1')^2 + (b_2' - g_2')^2 + (b_3' - g_3')^2) \cdot ((c_1^1 - f_1^1)^2 + (c_2^1 - f_2^1)^2 + (c_3^1 - f_3^1)^2)}}.$$

Щоб обчислити об'єм багатогранника  $ABCDEFGH$  необхідно визначити об'єм фігури  $BCGFC^1G^1F^1$ . Розіб'ємо дану фігуру на два багатогранника  $BCGC^1G^1$  та  $BFGF^1G^1$  (рис.3), провівши площину через точки  $BGG^1$ .

Відповідно їх об'єми будуть становити:

$$1) V_{BCGG^1C^1} = \frac{1}{3} d_{BCGG^1C^1} \cdot S_{CGG^1C^1}, \text{ де:}$$

$$d_{BCGG^1C^1} = \frac{1}{\sqrt{(K_6')^2 + (L_6')^2 + (M_6')^2}} (b_1' \cdot K_6' + b_2' \cdot L_6' + b_3' \cdot M_6'),$$

$$S_{CGG^1C^1} = \frac{1}{2} \sqrt{(c_1' - g_1')^2 + (c_2' - g_2')^2 + (c_3' - g_3')^2} \times \\ \times \sqrt{(c_1^1 - g_1^1)^2 + (c_2^1 - g_2^1)^2 + (c_3^1 - g_3^1)^2} \times \\ \times \sqrt{1 - \frac{((c_1' - g_1')(c_1^1 - g_1^1) + (c_2' - g_2')(c_2^1 - g_2^1) + (c_3' - g_3')(c_3^1 - g_3^1))^2}{((c_1' - g_1')^2 + (c_2' - g_2')^2 + (c_3' - g_3')^2) \cdot ((c_1^1 - g_1^1)^2 + (c_2^1 - g_2^1)^2 + (c_3^1 - g_3^1)^2)}};$$

$$2) V_{BGG^1F^1F} = \frac{1}{3} d_{BGG^1F^1F} \cdot S_{BGG^1F^1F}, \text{ де:}$$

$$d_{BGG^1F^1F} = \frac{1}{\sqrt{(K_2')^2 + (L_2')^2 + (M_2')^2}} (b_1' \cdot K_2' + b_2' \cdot L_2' + b_3' \cdot M_2'),$$

$$S_{GG^1F^1F} = \frac{1}{2} \sqrt{(f_1' - g_1')^2 + (f_2' - g_2')^2 + (f_3' - g_3')^2} \times \\ \times \sqrt{(f_1^1 - g_1^1)^2 + (f_2^1 - g_2^1)^2 + (f_3^1 - g_3^1)^2} \times \\ \times \sqrt{1 - \frac{((f_1' - g_1')(f_1^1 - g_1^1) + (f_2' - g_2')(f_2^1 - g_2^1) + (f_3' - g_3')(f_3^1 - g_3^1))^2}{((f_1' - g_1')^2 + (f_2' - g_2')^2 + (f_3' - g_3')^2) \cdot ((f_1^1 - g_1^1)^2 + (f_2^1 - g_2^1)^2 + (f_3^1 - g_3^1)^2)}}.$$

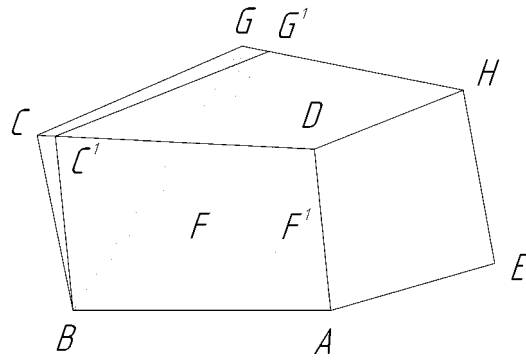


Рис. 3. Два багатогранника  $BCGC^1G^1$  та  $BFGF^1G^1$ , утворенні площиною  $BGG^1$

Загальний об'єм багатогранника  $ABCDEFGH$  буде становити:

$$V_{ABCDEFGH} = V_{ABC^1DEF^1G^1H} + V_{BCGC^1} + V_{BGG^1F^1F}$$

Для вирішення проблеми отримання максимального прибутку при поділі природної окремістості на блоки розглянемо загальний випадок. Нехай блоки - це прямокутні паралелепіпеди з заданими значеннями висоти, довжини і ширини. Тобто нам дано  $n$  типів прямокутних паралелепіпедів з такими параметрами  $(a_i, b_i, c_i)$  – відповідно це висота, довжина і ширина  $i$ -го блоку. Позначимо відповідний стандартний блок  $P_i$  і  $i = \overline{1, n}$ . Відповідно кожен блок має собівартість рівну  $g_i$ . Природну окремість потрібно розділити на довільні блоки  $P_i$  в залежності від замовлень.

Природна окремість описується фігурою одержаною в результаті перетину площин тріщин, які приймають участь у її формуванні. Нехай у нас є  $k$ - система тріщин. Для того щоб описати природну окремішність, ми виділяємо дві пластові площині, що належать системі пластових площин, та інші  $k-1$  системи площин, які в свою чергу перетинають пластові площині, утворюючи довільний  $t$  - кутник. Тоді утворюється  $t+2$  – гранник  $A_1A_2...A_tB_1B_2...B_t$ , який відповідає досліджуваній природній окремістості (рис. 4).

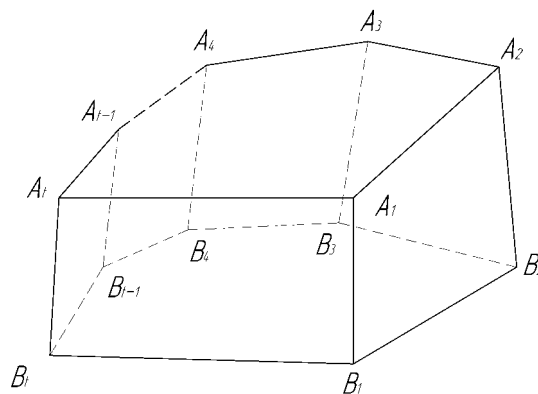


Рис. 4. Модель природної окремістості, утвореної перетином систем природних тріщин

Позначивши через  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , відповідну кількість блоків  $P_i$ , на які ділиться окремість, одержимо функцію цілі:

$$F(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n g_i x_i \rightarrow \max ,$$



з наступними обмеженнями для функції цілі:

$$d_j(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n h_{ij} x_i \leq R_j, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m},$$
$$x_i \in Z^+, \quad g_i \geq 0, \quad h_{ij} \geq 0, \quad R_j \geq 0.$$

Очевидно, що задача є NP-повною, з чого можемо зробити висновок, що задача може бути вирішена тільки комбінаторним методом перебору всіх варіантів, тобто для даного класу задач необхідне застосування алгоритмів, які з певною ймовірністю (або точністю) та швидкістю дозволяють визначити оптимальні параметри для конкретного випадку. Тому при оптимізаційному моделюванні технології видобування декоративного каменю необхідно застосовувати індивідуальний підхід до кожного родовища декоративного каменю та окремих його ділянок, виходячи з економічних, технологічних, анізотропних і ресурсних показників.

### Висновки

Запропонована математична модель форм природних окремоостей дає можливість визначення характерних об'ємів з врахуванням закономірностей формування систем тріщин на родовищі та забезпечує, в поєднанні з запропонованим алгоритмом оптимізаційного моделювання розкрою, підвищення ефективності та надійності планування і проведення видобувних робіт, основою чого є можливість визначення оптимальних параметрів розкроювання природної окремоїсті на стандартні блоки з урахуванням технологічних, структурно-текстурних, декоративних, анізотропних особливостей і орієнтації систем тріщин родовища.

### Список використаних джерел

1. Бакка Н. Т., Ильченко И.В. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождения: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 303с.
2. Lanru Jing Block system construction for three-dimensional discrete element models of fractured rocks / International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – Vol. 37. – 2000. - P. 645 - 659
3. Luodes H. Evaluation and modelling of natural stone rock quality using ground penetrating radar (GPR). / Luodes H., Sutinen H. // *Geological Survey of Finland*. – 2011. – Vol.49 - P.83–90.
4. Palmstrom A. Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD)/ Tunnels and Underground Space Technology. – Vol. 20. – 2005. – P.362-377.
5. Katherine S. Kalenchuk Characterizing block geometry in jointed rockmasses / Katherine S. Kalenchuk, Mark S. Diederichs, Steve McKinnon //



*Стаття надійшла до редакції 17.11.2014 р.*

УДК 622.235

**К. К. Ткачук**, д.т.н., доц. (НТУУ «КПІ»)

## **ПРОМИСЛОВА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗУСТРІЧНОСПРЯМОВАНОГО ІНІЦЮВАННЯ ЗАРЯДІВ**

**К. К. Tkachuk** (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

### **INDUSTRIAL VERIFICATION OF EFFICIENCY OF MEETING- DIRECTION INITIATION OF CHARGES**

*Для оцінки ефективності зустрічно-спрямованим ініціюванням зарядів у свердловинах і рядах, був проведений промисловий експеримент. Визначена ефективність застосування зустрічно-спрямованого ініціювання зарядів. Запропонований спосіб вибухового руйнування масиву.*

**Ключові слова:** гірська порода, вибухова речовина, щебінь, руйнування, коефіцієнт міцності.

*Для оценки эффективности встречно-направленного инициирования зарядов в скважинах и рядах, был проведен промышленный эксперимент. Определена эффективность применения встречно-направленного инициирования зарядов. Предложен способ взрывного разрушения массива.*

**Ключевые слова:** горная порода, взрывчатое вещество, щебень, разрушение, коэффициент крепости.

*For the estimation of efficiency of the meeting-directed initiation of charges an industrial experiment is conducted in mining holes and rows. Efficiency of application of meeting-directed is certain initiation of charges. The method of explosive destruction is offered.*

**Keywords:** mining rocks, explosive, crushed stone, destruction, coefficient of fortress.

**Вступ.** До теперішнього часу не розроблено єдиного механізму вибухового руйнування гірських порід. В той же час існує декілька уявлень про механізм руйнування гірських порід вибухом, що відрізняються, в основному, долею участі продуктів детонації зарядів ВР і хвиль напружень в процесі руйнування. У теоретичних положеннях з цього питання можна виділити три основні напрямки:

– руйнування гірських порід поршневою дією (тиском) продуктів детонації ВР в замкнутому просторі;