

**НОВІ ПІДХОДИ ВИБОРУ І ОБҐРУНТУВАННЯ ТИПУ  
ВИБУХОВОЇ РЕЧОВИНИ ДЛЯ РУЙНУВАННЯ  
МІЦНИХ НАПРУЖЕНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

**С. А. Ус, О. К. Іщенко, А. В. Соловйов**

ДВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 49005, Україна.

E-mail: Kam1c@ua.fm

**К. С. Іщенко**

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

вул. Симферопольська, 2а, м. Дніпро, 49005, Україна.

E mail: ishenko\_k@i.ua

Вибір і обґрунтування типу вибухової речовини виконано на основі багатьох критеріїв, такі як: технологічні, економічні, соціальні та ін. показники. За результатами розв'язування задачі отримано вектор пріоритетів за кожною з ієрархій, що дозволяє обґрунтувати вибір типу вибухової речовини. По встановленим пріоритетам проведено системний підхід до розв'язування задачі, а саме: врахування не тільки вигід, а також витрат, пов'язаних із використанням тієї чи іншої вибухової речовини. Було розглянуто також чинники, що характеризують витрати при використанні зарядів із різного типу вибухової речовини. Розв'язування задачі виконано із застосуванням методу аналізу ієрархій. Використання цього методу дозволяє враховувати, як кількісні, так і якісні критерії, їх значимість для вибору типу вибухової речовини, а також перевірити узгодженість думок експертів, які враховуються при розв'язуванні задачі. За результатами математичного моделювання проведено вибір альтернативних варіантів типу вибухової речовини для руйнування міцних гірських порід складної будови.

**Ключові слова:** тип вибухової речовини, температура вибуху, свердловинний заряд, знов утворена поверхня, математичне моделювання, метод аналізу ієрархій.

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ ВЫБОРА И ОБОСНОВАНИЯ ТИПА  
ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ  
КРЕПКИХ НАПРЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД**

**С. А. Ус, А. К. Ищенко, А. В. Соловьев**

ГВУЗ «Национальный горный университет»

просп. Д. Яворницького, 19, г. Днепр, 49005, Украина.

E-mail: Kam1c@ua.fm

**К. С. Ищенко**

Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины,

ул. Симферопольская, 2а, г. Днепр, 49005, Украина.

E mail: ishenko\_k@i.ua

Выбор и обоснование типа взрывчатого вещества выполнено на основании многих критериев: технологических, экономических, социальных и др. показателей. По результатам решения задачи получены векторы приоритетов по каж-

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

дой иерархии, что позволяет обосновать выбор типа взрывчатого вещества. Установленные приоритеты позволили провести системный подход для решения задачи – учет не только технологических преимуществ, а и затрат, связанных с использованием того или иного типа взрывчатого вещества. Рассмотрены также факторы, характеризующие затраты при формировании скважинных зарядов с различными типами взрывчатого вещества. Решение поставленной задачи выполнено с использованием метода анализа иерархий. Использование этого метода позволяет учитывать как количественные, так и качественные критерии, их значимость для выбора типа взрывчатого вещества, а также проверку согласованности с мнением экспертов, которые учитываются при решении задачи. Результаты математического моделирования позволили обоснованно подойти к выбору альтернативных вариантов типа взрывчатого вещества для разрушения крепких горных пород сложной структуры.

**Ключевые слова:** тип взрывчатого вещества, теплота взрыва, скважинный заряд, вновь образованная поверхность, математическое моделирование, метод анализа иерархий.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Хоча розроблені нові технології руйнування, які базуються на нетрадиційних підходах (термічне руйнування, вплив потоків часток високої енергії і т.п.), вибух до сьогодні був і залишається ефективним способом підготовки гірничої маси при підземному видобутку уранових руд. Ці методи базуються на глибокому вивченні механізму руйнування міцного полімінерального середовища складної будови із взаємним зв'язком газового і динамічного впливу на них енергії вибуху.

Ефективність видобутку уранових покладів з використанням енергії вибуху і повноти їх виймання із гірського масиву не повинно впливати на порушення цілісності екосистеми регіону. Це пояснюється тим, що гірничо-видобувні підприємства функціонують в умовах безпосереднього контакту з промисловими зонами, житловими агломераціями, природними об'єктами, водними і сільськогосподарськими угіддями з негативним впливом на них [1–4]. Дослідження в цьому напрямку дозволили одержати нові результати у вивченні механізму вибухового руйнування твердих середовищ складної будови, що дозволило удосконалити існуючі методи управління дробленням гірських порід [5].

Із цього випливає, що досягнення високого рівня виконання робіт гірничо-видобувним підприємством (рудником) в цих умовах може бути реалізована за рахунок розв'язування цілого ряду задач, що включають в себе, як поліпшення організації праці, так і безпеки ведення вибухових робіт, якості відбійки гірських порід з урахуванням анізотропії масиву з одночасним удосконаленням параметрів буропідривних робіт, які реалізуються в нових способах вибухового руйнування.

Комплекс цих заходів включає багато аспектів, в тому числі розв'язування задачі організації буропідривних робіт, раціонального розташування заряду вибухової речовини (ВР) в масиві гірських порід з урахуванням його структурних особливостей, обґрунтування і вибір типу ВР, яка буде використана у заряді та

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

ін. Тому, дана робота і присвячена вибору найбільш ефективного типу ВР. Зауважимо, що ця задача є досить складною. Оскільки необхідно враховувати не тільки технологічні показники, такі як площа нової знов утвореної поверхні, розмір середнього куска, теплоти вибуху, але й економічні (вартість вибухової речовини і технології її використання, раціональної конструкції заряду ВР), екологічні (вплив ВР на навколишнє природне середовище) та соціальні (безпека людини при використанні ВР, складність застосування ВР при руйнуванні твердого середовища). Ці критерії мають різну природу, шкалу вимірювання, деякі з них не можна оцінити кількісно, і часом вони протирічать один одному. Крім того системний підхід до розгляду проблеми вимагає врахування не тільки вигід, але й витрат, які виникають при використанні тієї чи іншої вибухової речовини.

Метою даної роботи є математичне обґрунтування вибору типу ВР з урахуванням багатьох критеріїв, які включають технологічні, економічні, соціальні та ін. показники з урахуванням вигід і витрат, пов'язаних із їх використанням.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** До розгляду було взято чотири типу ВР, а саме: ТЄН, Амонал, Грамоніт 79/21, Анемікс 80. Детонаційні характеристики вибухових речовин, які вибрані в якості критеріїв експертного оцінювання при руйнуванні гірських порід різної будови, показано у табл. 1. Ці дані отримані при проведенні лабораторних експериментів [8, 9], та з літературних посилань [6, 7].

Таблиця 1 – Види вибухових речовин та їх характеристики

Назва ВР	Теплота вибуху ккал/кг, (кДж/кг)	Об'єм газів вибуху, л/кг	Температура вибуху, °С	Ціна, тис. грн/т
ТЄН	5756 (2100)	790	4500	57000
Анемікс 80	3 231 (770)	1 009	2 060	38000
Амонал	5200 (1200)	830	3100	45740
Грамоніт 79/21	4300 (1025)	850	2960	42000

В ході дослідження було виділено такі основні критерії, що описують вигоди використання ВР:

- оптимальний діаметр середнього куска, який оцінює результати руйнування твердого середовища вибухом;
- площа знов утвореної поверхні;
- ступінь подрібнення гірських порід;
- економія вибухових матеріалів;
- показники теплоти вибуху різного типу ВР;
- кількість енергії, яка потрібна для утворення одиниці нової поверхні.

Витрати оцінювались за такими показниками:

- вартість ВР;

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

- небезпека для навколишнього природного середовища;
- витрати на підготовчі роботи в місцях проведення буропідричних робіт;
- додаткові витрати на використання комплексних заходів індивідуального захисту працюючого персоналу.

Для розв'язування задачі було обрано метод аналізу ієрархій (МАІ). Особливість цього методу в тому, що він дає змогу структурувати проблему, врахувати як кількісні, так і якісні критерії, а також перевірити узгодженість думок експертів. Застосування методу включає де кілька етапів.

Першим є побудова ієрархії. Ієрархія являє собою певний тип системи, заснований на припущенні, що елементи системи можуть групуватися в окрему множину. Елементи кожної групи знаходяться під впливом елементів деякої цілком визначеної групи і, у свою чергу, впливають на елементи іншої групи, але елементи в кожній групі незалежні.

Після побудови ієрархії, переходять до заповнень матриць порівнянь. У МАІ елементи задачі порівнюються попарно по відношенню до їх дії («вазі» або «інтенсивності») на спільну для них характеристику. Отримані парні порівняння складають масив чисел, який описують у вигляді матриці. Порівнюючи набір складових проблеми один з одним, отримують квадратну матрицю. За побудовою вона є зворотно – симетричною, тобто  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ .

Попарні порівняння елементів проводять із використанням суб'єктивних думок експертів, які чисельно оцінюються за шкалою Сааті (табл. 2) [10].

Після заповнення матриць проводиться їх перевірка на узгодженість. Під узгодженістю матриці розуміється її чисельна узгодженість і транзитивність. Якщо при обчисленні відхилень від узгодженості вони перевищуватимуть допустимі межі, то судження потрібно перевірити ще раз. Для визначення узгодженості обчислюють відношення узгодженості. Для цього можна скористатися приведеним нижче алгоритмом.

Таблиця 2 – Шкала порівнянь

Значення	Відносна важливість
1	рівна важливість
3	помірна перевага одного над іншим
5	істотна перевага одного над іншим
7	значна перевага одного над іншим
9	дуже сильна перевага одного над іншим
2, 4, 6, 8	відповідні проміжні значення

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

1. Підсумовується кожен стовпець суджень.
  2. Сума першого стовпця множиться на величину першої компоненти нормалізованого вектору пріоритетів, сума другого стовпця на другу компоненту і так далі.
  3. Отримані числа підсумовуються. Їх сума позначається  $\lambda_{\max}$ .
  4. Індекс узгодженості (ІУ)  $IY = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ , де  $n$  – число порівнюваних елементів.
  5. Відношення узгодженості (ВУ):  $VY = IY / n_{\text{вип}}$ , де  $n_{\text{вип}}$  – число випадкової узгодженості.
- Випадкові узгодженості – це ВУ для випадково заповнених матриць. Їх величини обчислені для матриць різного порядку, які вибираються з табл. 3.

Таблиця 3 – Значення розрахункових показників для матриць  
різного порядку

Порядок матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Величина ВУ має бути порядку 10 % або менш, аби бути прийнятною. В деяких випадках допускається ВУ до 20 %, але не більш, інакше треба перевірити судження.

Для кожної з матриць обчислюють вектор локальних пріоритетів. Він виражає відносну величину, бажаність або «цінність» кожного окремого об'єкту. Математично це нормалізований головний власний вектор матриці. Його можна обчислити різними способами. У даній роботі був використаний наступний вектор локальних пріоритетів. Нехай дана матриця  $A(n, n)$ .

1. Компонента власного вектора  $i$ -го рядка обчислюється за такою формулою:

$$b_i = \sqrt[n]{a_{i1} \times a_{i2} \times a_{i3} \times \dots \times a_{in}} \quad (1)$$

2. Після того, як отримані компоненти власного вектора  $(b_1, b_2, \dots, b_n)$  для всіх  $n$  рядків проводиться його нормалізація за такою формулою:

$$\bar{X} = \left( \frac{b_1}{\sum b_i}, \frac{b_2}{\sum b_i}, \dots, \frac{b_n}{\sum b_i} \right) = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (2)$$

Далі пріоритети синтезуються, починаючи з другого рівня вниз. Локальні пріоритети перемножуються на пріоритет відповідного критерію на вищому рівні і підсумовуються за кожним елементом відповідно до критеріїв, на які впливає цей елемент. Це дає складений, або глобальний пріоритет елементу, який потім використовується для зважування локальних пріоритетів елементів, які порі-

# ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

внюються по відношенню до нього як до критерію і розташовані рівнем нижче. Процедура продовжується до самого нижнього рівня.

Якщо отримані пріоритети  $k$ -го рівня, то пріоритети для елементів  $(k+1)$  рівня обчислюються за формулою:

$$x_j^{k+1} = \sum_{i=1}^n x_i^k b_{ij}, \quad (3)$$

де  $x_j^{k+1}$  – глобальний пріоритет  $j$ -го критерію на  $(k+1)$  рівні;  $x_i^k$  – глобальний пріоритет  $i$ -го критерію на  $k$  рівні;  $b_{ij}$  – локальний пріоритет  $j$ -го критерію на  $(k+1)$  рівні за  $i$ -м критерієм  $k$ -го рівня.

Коли обчислені всі пріоритети для елементів нижнього рівня (тобто для альтернатив) особа, що приймає рішення обирає альтернативу, базуючись на одержаних результатах.

Для розв'язування поставленої задачі було побудовано два види ієрархій. Перша описує вигоди, а друга оцінює витрати при використанні вибраних типів ВР. Їх показано на рис. 1, 2.

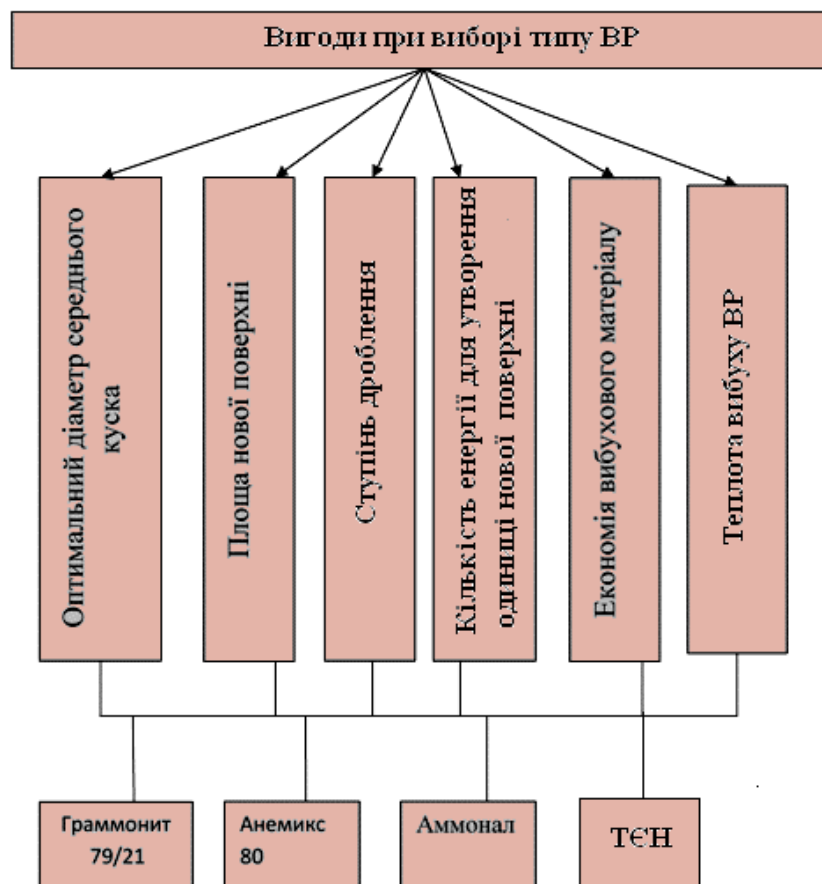


Рисунок 1 – Ієрархія вигід при розв'язуванні задачі вибору вибухової речовини

ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ  
РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

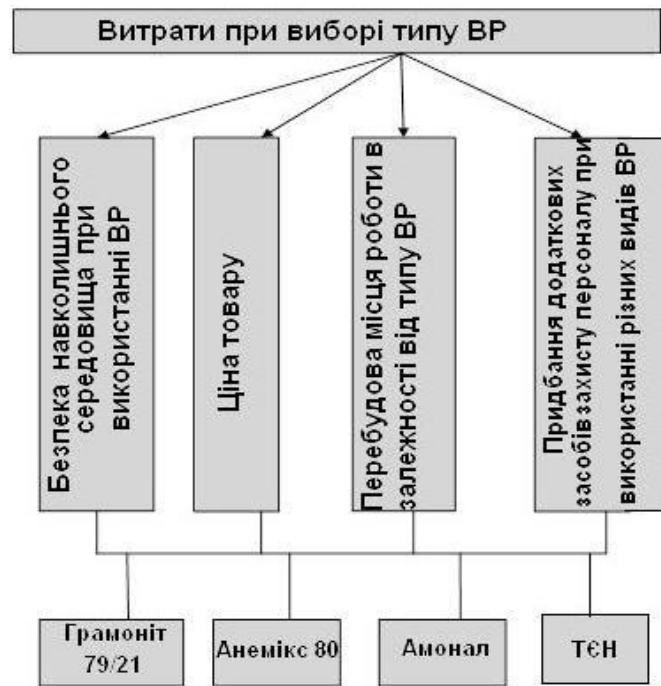


Рисунок 2 – Ієрархія витрат при розв'язуванні задачі вибору вибухової речовини

Розглянемо докладніше застосування методу при обчисленні за ієрархією вигід. Після порівняння критеріїв ієрархії були отримані такі пріоритети:

Оптимальний діаметр середнього куска – 0,220477;

Площа нової поверхні – 0,286354;

Ступінь дроблення – 0,125056;

Економія вибухового матеріалу – 0,079921;

Кількість енергії, яка потрібна для утворення одиниці нової поверхні – 0,238442;

Кількість теплоти при вибуху ВР – 0,04975.

Далі були сформовані матриці порівнянь альтернатив за кожним із цих критеріїв. Приклад матриці порівнянь відносно критерію «ступінь подрібнення», обчислений вектор локальних пріоритетів і ВУ показано у табл. 4.

Таблиця 4 – Оцінка експертами ступінь подрібнення гірських порід різними типами ВР

Ступінь подрібнення гірських порід різними типами ВР	ТЄН	Грамоніт 79/21	Анемікс 80	Амонал	Вектор пріоритетів	ВУ
ТЄН	1	0,33	1	0,5	0,140	0,003
Грамоніт 79/21	3	1	3	2	0,455	
Анемікс 80	1	0,33	1	0,5	0,140	
Амоніт №6ЖВ	2	0,5	2	1	0,262	

**ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ  
РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ**

Як бачимо, за критерієм «ступінь подрібнення» Грамоніт79/21 помірно переважає ТЄН та Анемікс 80, і має незначну перевагу над Амоніт №6ЖВ, тому він має найбільший локальний пріоритет – 0,455. Другим за цим критерієм є Амоніт №6ЖВ, а ТЄН та Анемікс 80, мають найменші і рівні пріоритети. Обчислене ВУ складає 0,3 %, тобто матриця добре узгоджена. Аналогічно було порівняно ВР за всіма критеріями. Результати розрахунків за ієрархією вигід показано у табл. 5.

Таблиця 5 – Розрахунок глобальних пріоритетів

Критерії другого рівня	Глобальні пріоритети критеріїв другого рівня $x_i^k$	Локальні пріоритети альтернатив за даним критерієм $b_{ij}$			
		ТЄН	Грамоніт 79/21	Анемікс 80	Амонал
Оптимальний діаметр середнього куска	0,220477	0,095293	0,466852	0,160264	0,277592
Площа нової поверхні	0,286354	0,466979	0,160271	0,095082	0,277667
Ступінь подрібнення	0,125056	0,14089	0,455333	0,14089	0,262886
Економія вибухового матеріалу	0,079921	0,467148	0,159967	0,095117	0,277768
Кількість енергії, яка потрібна для утворення одиниці нової поверхні	0,238442	0,483486	0,156579	0,088051	0,271884
Кількість тепла при вибуху ВР	0,04975	0,467148	0,159967	0,095117	0,277768
Глобальні пріоритети альтернатив $x_j^{k+1} = \sum_{i=1}^n x_i^k b_{ij}$		0,348209	0,263844	0,11351	0,274436

Аналогічні розрахунки було проведено і за ієрархією витрат. У табл. 6 показано результати, отримані за двома ієрархіями, а також результати згортки «Вигоди/витрати».



ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ  
РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Таблиця 6 – Результати розв’язування задачі за двома ієрархіями

Тип ВР	ТЄН	Грамоніт 79/21	Анемікс 80	Амонал
Результат за ієрархією вигід	0,348	0,264	0,114	0,274
Результат за ієрархією витрат	0,365	0,261	0,112	0,262
Вигоди/витрати	0,955	1,014	1,008	1,047

Аналіз результатів розв’язування задачі показує, що за вигодами ТЄН має найбільший пріоритет, оскільки ця речовина має високу здібність до руйнування твердого середовища через високу теплоту і температуру вибуху, проте він є і найбільш витратним. На разі Грамоніт 79/21 і Амонал мають достатньо близькі значення пріоритетів вигід и витрат. Це свідчить про те, що вони мають дуже схожі детонаційні характеристики так і склад вибухової речовини. На разі Анемікс є найбільш переважним стосовно витрат і менш шкідливий для оточуючого середовища оскільки він має найнижчий показник викиду шкідливих газів, нульовий кисневий баланс, найнижчу ціну і його використання не потребує додаткових витрат.

Таким чином, якщо вибір здійснювати тільки з урахуванням вигід – перевагу можна віддати ТЄНу, але за витратами слід зупинити вибір на Анеміксу. При сумісному розгляді результатів розв’язування задачі слід віддати перевагу Грамоніту або Амоналу.

Використання методу аналізу ієрархій дозволяє зважено підійти до вибору і обґрунтуванню типу ВР, що має велике значення при проектуванні раціональних параметрів буропідричних робіт при руйнуванні міцних гірських порід складної будови на рудниках.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шемякин Е.И. Сейсмический эффект подземного взрыва // Горный журнал. – 2003. – № 1. – С. 11–15.
2. О критериях сейсмической опасности промышленных взрывов / В.В. Бойко, А.А. Кузьменко, Т.В. Хлевнюк. // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – № 12. – 2005. – С. 45–52.
3. Визначення оптимальних параметрів сейсдобезпечного виконання буропідричних робіт на Піщанському родовищі мігматитів і гранітів. / І.Л. Гуменик, О.П. Стрілець, В.Ю. Швець // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 2(10). – С. 112–119.
4. Вовк О.А. Параметры сейсмических волн при действии сосредоточенного заряда // Уголь Украины. – 2013. – № 7. – С. 42–45.

## ТЕОРЕТИЧНІ Й ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД ВИБУХОМ

5. Механика взрывного разрушения пород различной структуры // Э. И. Ефремов, В.Д. Петренко, Н.П. Рева, И.Л. Кратковский – К.: Наукова думка, 1984. – 192 с.
6. Промышленные взрывчатые вещества / Л.В. Дубнов, Н.С. Бахаревич, А.И. Романов. – М.: Недра, 1988. – 360 с.
7. Соболев В.В. Технология и безопасность выполнения взрывных работ (краткий курс лекций) – Д.: Нац. горн. ун-т, 2008. – 164 с.
8. Рішення оптимізаційних моделей вибору і обґрунтування параметрів буровибухових робіт для ефективного руйнування анізотропних гірських порід / К.С. Ищенко, С.А. Ус, М.М. Вдовиченко // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр. ИГТМ НАН Украины. – Дніпропетровськ, 2011. – № 94. – С. 272 – 282.
9. Ищенко Б.С., Ищенко А.К. Оценка удельной поверхностной энергии при разрушении анизотропных горных пород динамическими нагрузками различной интенсивности // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2016 – Вип. 1(17). – С. 34–49.
10. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий. – М.: «Радио и связь», 1993. – 278 с.

### NEW APPROACHES FOR SELECTION AND JUSTIFICATION OF EXPLOSIVE TYPE FOR ROCK DESTRUCTION

**S. Ys, O. Ishchenko, A. Solovyev**

State Higher Educational Institution «National Mining University»

prosp. D. Yvornichkogo, 19, Dnipro, 49005, Ukraine. E-mail: Kam1c@ua.fm

**K. Ishchenko**

M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine

vul. Simferopolskaya, 2-A, Dnipro, 49005, Ukraine. E-mail: ishenko\_k@i.ua

**Purpose.** The mathematical justification for selecting the type of explosives based on multiple criteria. **Methodology.** To solve this problem, our researches based on the choice of several types of explosives and depend of many criteria. They include: technological, economic, social and other parameters, taking into account cost-benefit. We have four types of explosives with different detonation characteristics: TYEN, ammonal, Hramonit 79/21, Anemiks 80. For solving the problem were elected hierarchy analysis method. The peculiarity of this method lies in the fact that makes it possible to structure the problem, consider both quantitative and qualitative criteria, as well as to check the consistency of expert opinion. **Results.** The survey identified the following main criteria that describe the benefits of using explosive: the optimum diameter of middle piece, which evaluates the destruction of a solid medium by explosion; surface area formed by explosion; the degree of rocks crushing; saving explosives; parameters explosion heat using different types of explosives; the amount of energy required to form a new surface, and the costs assessed on the following parameters: cost of explosives; danger to the environment; the costs of preparatory

activities in the field of blasting; additional charges for the use of comprehensive measures for personal protection personnel. Application of the method involves several steps. The first is to build a hierarchy. Hierarchy is a certain type of system assumes, in which elements of the system can be grouped in a single set. Elements of each group are influenced by elements which where well-defined groups and items affecting another group, but elements of each group are independent. After building the hierarchy, moving to fills matrix comparisons and make them check for consistency. Pairwise comparisons conducted using elements of subjective views of experts who evaluated numerically on a scale Saaty. **Originality.** Analysis of solution of the problem shows that the benefits TYEN has the highest priority, because this substance has a high capacity for destruction of hard environment because of high parameters of heat and temperature of the explosion, but it is also the most expensive. In case Hramonit 79/21 and Ammonal are close enough priority value of benefits and costs. This indicates that their closest detonation characteristics as the composition of the explosive. In case Anemiks is most advantageous in respect of costs and less harmful to the environment. It has the lowest emission of harmful gases, zero oxygen balance, the lowest price and use no additional cost. Thus, the criterion "degree of crushing" explosive Hramonit 79/21 moderately prevails TYEN and Anemiks, and has a slight advantage over the Ammonite №6ZHV as his greatest local priority is 0.455. The second criterion is this Ammonite №6ZHV, TYEN and Anemiks 80, and have the lowest priority level. The calculated is around 0.3%, which is well-coordinated matrix. Similarly, explosion was compared in all criteria. **Practical value.** Solving problems using the analytic hierarchy allows a balanced approach to the selection and substantiation of type explosion which is important in the design of rational parameters of blasting in the destruction of solid rock complex structure in the mines. *References 10, tables 6, figures 2.*

**Key words:** explosion, heat of explosion, downhole explosive charge, a newly formed surface, math modeling, hierarchy analysis method.

#### REFERENCES

1. Shemyakin, E.I. (2003), "Seismic effect of an underground explosion", *Mining Journal*, no. 1, pp. 11–15.
2. Boiko, V.V., Khlevnyuk, T.V., Kuzmenko, A.A. (2005), "On criteria for seismic hazard industrial explosion", *Bulletin of the National Technical University of Ukraine "KPI"*. A series of "Mining": Collection of scientific papers, no. 12, pp. 45–52.
3. Gumenick, I.L., Sagittarius, A.P., Shvets, V.Y. (2012), "Determination of the optimal parameters of safe performance of seismic blasting on Peschanskii field migmatites and granites", *Modern resource-saving technologies of mining. Sci.-Tech. collected works*, Vol. 10, no.2, pp. 112–119.
4. Vovk, O.A. (2013), "The parameters of seismic waves under the action of concentrated charge", *Coal of Ukraine*, no.7, pp. 42–45.

5. Efremov, E.I., Petrenko, V.D., Reva, N.P., Kratkovsky, I.L. (1984) "Mechanics of Explosive Destruction of Rocks of Different Structures", Science. Dumka. – 192 p.
6. Dubnov, L.V., Bakharevich, N.S., Romanov, A.I. (1988) "Industrial explosives" – Moscow: Nedra, – 360 p.
7. Sobolev, V.V. (2008) "Technology and safety of blasting operations (short course of lectures)", *The National Mining University*. – 164 p.
8. Ishchenko, K.S., Us, S.A., Vdovichenko, N.M. (2011) "The decision optimization model selection and justification parameters drilling and effective destruction of anisotropic rock" *Geotekhnicheskaya mekhanika: mezhved. sb. nauchn. tr. IGTM NAN Ukrainy*. – Dnipropetrovs'k, Iss. 94, pp. 272–282.
9. Ishchenko, B.S., Ishchenko, O.K. (2016) "Estimation of the specific surface energy during the destruction of anisotropic rocks by dynamic loads of different intensities", *Suhachni resursoenergosberichayuchi tehnologii girnichogo vibrobitytva*, vol. 1, no. 17, pp. 34–49.
- 10 Saati, T. (1993) "Decision Making: Method of Hierarchy Analysis", Moscow, "Radio and Communication", 278 p.

Стаття надійшла 04.05.2017.