та пошуку родовищ самородної міді / В кн.: Регіональні геологічні дослідження в Україні і питання створення «Держгеолкарти-2000». – Київ: Геоінформ, 2001. – С. 168-170.

4. **Квасниця І.** Про походження самородної міді з вендських вулканітів Західної Волині / У журн. «Геолог України». Вид. спілки геологів України. – №3. – 2006. – С. 40-51.

5. **Маланчук З.Р.** Перспективи комплексної переробки базальтової сировини Волині / З.Р. **Маланчук, А.Ф. Булат, В.П. Надутий** // Геотехнічна механіка: зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Вип. 85. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 3-8.

6. **Маланчук З.Р.** Спосіб видобутку туфу / **Маланчук З.Р., Руденко Г.В., Надутий В.П.** // Патент №75587 Заявка № U 2012 05357, від 03.05.2012р. Опубл. Бюл. № 23 від 10.12.2012р.

7. **Надутий В.П.** Вертикальний внутрішньо-валковий млин / **Надутий В.П., Сухарєв В.В.** // Патент №67950 Заявка № 2011 09860, від 08.08.2011р. Опубл. Бюл. № 5 від 12.03.2012р.

Рукопис подано до редакції 19.02.14

УДК 622.235

О.О. ФРОЛОВ, д-р техн. наук, доц.
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ДЕТОНАЦІЙНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ ПРИ БАГАТОТОЧКОВОМУ ІНІЦІЮВАННІ СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ

Виконано аналіз досліджень з визначення раціональних параметрів багатоточкового ініціювання. Показано, що існуючі конструкції свердловинних зарядів вибухових речовин не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які дозволили б забезпечити максимальну ефективність детонаційних енергетичних потоків при їхній дії на стінки свердловини. Також не достатньо обґрунтовано способи реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування в порівнянні з точковим ініціюванням.

За результатами досліджень встановлено, що максимальна ефективність дії сумарного імпульсу детонаційних хвиль послідовного багатоточкового ініціювання в 1,39-1,57 разів більше порівняно з одноточковим залежно від зміни швидкості поширення детонації по вибуховій речовині з 5000 до 2500 м/с відповідно. Також доведено, що при одночасному багатоточковому ініціюванні значення сумарного імпульсу детонаційних хвиль більше в 1,61 рази ніж імпульс при одноточковому підриванні незалежно від швидкості детонації вибухової речовини.

Визначено оптимальні відстані між проміжними детонаторами послідовного і одночасного багатоточкового ініціювання. Встановлено, що оптимальна відстань між проміжними детонаторами послідовного багатоточкового ініціювання становить 1,1-2,1 м при збільшенні швидкості детонації вибухової речовини з 2500 до 5000 м/с та при одночасному багатоточковому ініціюванні – 0,92 м незалежно від швидкості поширення детонації по вибуховій речовині.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Чисельними дослідженнями встановлено, що при застосуванні багатоточкового ініціювання створюється багатоімпульсне навантаження на стінки свердловини, яке обумовлює підвищення ефективності руйнування [1-5]. На сьогодні розроблено та запропоновано до використання декілька конструкцій багатоточкового ініціатора, визначено їхні параметри і рекомендовані різні способи розміщення проміжних детонаторів у свердловині.

Однак, незважаючи на успіхи, досягнуті в галузі вивчення механізму вибухового руйнування реальних середовищ, існуючі конструкції свердловинних зарядів вибухових речовин (ВР) не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які дозволили б забезпечити максимальну ефективність детонаційних енергетичних потоків при їхній дії на стінки свердловини. Також недостатньо обґрунтовано способи реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування порівняно з точковим та лінійним ініціюваннями.

Аналіз досліджень і публікацій. Автори роботи [2] при дослідженні ефективності застосування багатоточкового ініціатора встановили, що тривалість дії продуктів детонації в зарядній камері при підриванні зарядів збільшується в декілька разів порівняно зі звичайним способом підривання. Відстань між точками ініціювання становила 1,0 м.

Дослідження [3], що виконані для визначення оптимальної відстані між точками ініціювання з урахуванням руху детонаційних хвиль одночасно з двох сторін та їх взаємодії, дозволили встановити, що відстань між бойовиками, розміщеними по осі свердловини, повинна бути не менше 5-6 і не більше 12-14 діаметрів заряду.

© Фролов О.О., 2014

Дослідницькі вибухи [4] показали, що для діаметра свердловин 118 мм найкраще подрібнення досягається при відстані між точками ініціювання 1,5 м. При збільшенні діаметра свердловин оптимальна відстань збільшується і становить приблизно 10 діаметрів заряду.

У роботі [5] автор пропонує зміщувати точки ініціювання відносно осі циліндричного заряду до стінок свердловини в шаховому порядку, що, на його думку, дозволить підсилити ефект багаторазового навантаження на породу. Відстань між точками ініціювання рекомендується приймати з умови, щоб на ділянці (25-30)d_c (d_c - діаметр свердловини) їх повинно бути 3-5 шт. Підривання бойовиків в ініціаторі здійснюється за допомогою ДШ.

Постановка задачі. Виконаний аналіз досліджень показує, що недостатньо повно досліджені питання взаємодії та керування детонаційними енергетичними потоками, які утворюються при підриванні проміжних детонаторів в багатоточковому ініціаторі. Тому для підвищення ефективності дії багатоточкового ініціювання необхідно науково обґрунтувати та розробити такі конструкції зарядів, що забезпечать формування необхідних режимів детонаційних потоків, при яких в гірському масиві, за рахунок сумарного імпульсу детонаційних хвиль, будуть формуватися спрямовані енергетичні потоки вибуху.

Викладення матеріалу та результати. Дослідженнями встановлено, що ефективність дії вибуху встановлюється значенням тиску на фронті детонаційної хвилі (ДХ), який діє на стінки свердловини [6,7]. У випадку підривання свердловинного заряду ВР багатоточковим ініціатором значення імпульсу ДХ буде визначатися ступенем взаємодії енергетичних потоків, які поширюються від кожного з проміжних детонаторів.

Згідно [8] щільність потоку енергії, що поширюється при вибуху в скельному масиві гірських порід, буде визначатися добутком значень напруження в гірському масиві та швидкості зміщення часток середовища. Якщо розглядати поширення енергетичного потоку в свердловинному заряді під час його детонації, то можна припустити, що щільність потоку енергії буде пропорційна тиску на фронті ДХ $P_д$ та швидкості його поширення $D_{ВР}$, тобто

$$j=P_д D_{вр}. \quad (1)$$

Оскільки при визначенні ефективності детонації подовженого заряду ВР в основному порівнюють питомий імпульс дії вибуху на стінки зарядної порожнини, то (1) можна представити у вигляді

$$j=(I/t)D_{вр}, \quad (2)$$

де I – сумарний імпульс детонаційних хвиль від точкових проміжних детонаторів, які досягли стінок свердловини; t – час дії тиску на стінки свердловини.

Таким чином, можна зазначити, що щільність енергетичного потоку при детонації свердловинного заряду прямо пропорційна сумарному імпульсу ДХ, які діють на стінки свердловини.

Для встановлення раціональних параметрів багатоточкового ініціатора, а саме, оптимальної відстані між детонаторами, визначимо збільшення сумарного імпульсу ДХ, що діє на стінки свердловини, від двох проміжних детонаторів, розміщених на певній відстані один від одного, в порівнянні з імпульсом ДХ від одного детонатора.

Припустимо, що сумарне значення імпульсу ДХ від багатоточкового ініціатора по довжині свердловини залежить від відстані між точками ініціювання (рис. 1).

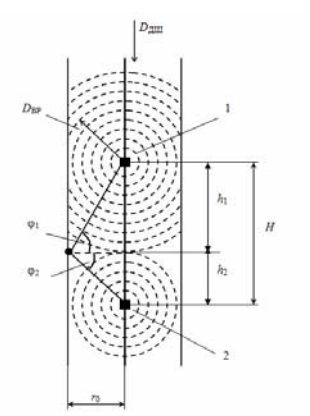

Рис. 1. Схема до визначення сумарного імпульсу при послідовному багатоточковому ініціюванні

Тоді відповідно до [7] імпульс ДХ, яка падає на перепону під кутом φ, дорівнює

$$i_\varphi=i_n(\cos^2\varphi+\beta\sin^2\varphi), \quad (3)$$

де i_n - питомий імпульс при $\varphi = 0$; β - параметр, який залежить від властивостей продуктів детонації (показника ізоентропи γ).

Оскільки маємо осьову симетрію, то сумарний імпульс визначиться інтегруванням виразу (3) тільки по h. У цьому випадку

$$I_1=\int_0^{h_1} i_{\varphi_1}dh+\int_0^{h_2} i_{\varphi_2}dh, \quad (4)$$

де $i_{\varphi 1}$, $i_{\varphi 2}$ – імпульси детонаційних хвиль від детонаторів *1* і *2*.

Після інтегрування (4) отримаємо [9]

$$I_1 = i_n r_0 \left[\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0}\left(1+\frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}}\right)\right) + \operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0}\left(1-\frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}}\right)\right) + \right.$$

$$\left. +\beta\left(\frac{1}{\cos\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0}\left(1+\frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}}\right)\right)\right)} + \frac{1}{\cos\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{2r_0}\left(1-\frac{D_{\text{ВР}}}{D_{\text{ДШ}}}\right)\right)\right)} - 2 \right)\right]. \quad (5)$$

де $D_{\text{ВР}}$ - швидкість поширення детонаційної хвилі по ВР, м/с; $D_{\text{ДШ}}$ - швидкість детонації по детонуючому шнуру (ДШ), м/с; H - відстань між проміжними детонаторами, м; r_o - радіус свердловини, м.

При ініціюванні свердловинного заряду ВР одноточковим ініціатором значення імпульсу ДХ на довжині H визначиться за формулою

$$I_2 = i_n \int_0^H \left(\cos^2\varphi + \beta\sin\varphi\right) dH \,. \quad (6)$$

У результаті інтегрування (6) отримаємо

$$I_2 = i_n r_0 \left[\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{r_0}\right) + \beta\left(\frac{1}{\cos\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{H}{r_0}\right)\right)} - 1 \right)\right]. \quad (7)$$

Для порівняння послідовного багатоточкового ініціатора на основі ДШ з одноточковим, сумарний імпульс I_1 (5) розділимо на імпульс I_2 (7).

За результатами виконаних розрахунків побудована графічна залежність зміни відношення I_1 до I_2 при різних відстанях між точками ініціювання в багатоточковому ініціаторі H (рис. 2).

Аналіз графічних залежностей рис. 2 показує, що на сумарне значення імпульсу суттєво впливає швидкість детонації ВР, в якій підриваються проміжні детонатори. Зокрема, при збільшенні значення швидкості детонації з 2500 до 5000 м/с ефективність застосування послідовного багатоточкового ініціювання при виборі оптимальної відстані між бойовиками зменшується в порівнянні з одноточковим ініціюванням з 57 % до 38,7 %, тобто в 1,46 рази.

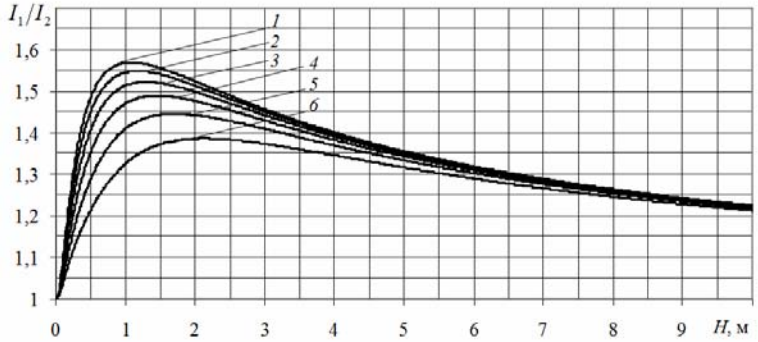

Рис. 2. Зміна відношень сумарних імпульсів ДХ при послідовному багатоточковому I_1 і одноточковому I_2 ініційовані залежно від відстані H між проміжними детонаторами при швидкості поширення детонації по ВР, м/с: *1* – 2500; *2* – 3000; 3 – 3500; *4* – 4000; *5* – 4500; *6* – 5000

Однак слід відмітити, що при збільшенні швидкості детонації ВР збільшується раціональна відстань між проміжними детонаторами, відповідно з 1,09 до 2,13 м (табл. 1).

Таблиця 1

Раціональні параметри ефективності застосування багатоточкового ініціювання в порівнянні з одноточковим

Швидкість детонації ВР, м/с	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Відношення I_1/I_2	1,57	1,549	1,523	1,49	1,446	1,387
Оптимальна відстань між проміжними детонаторами, м	1,09	1,16	1,29	1,46	1,70	2,13

Для порівняння дії одночасного багатоточкового ініціювання, яке можна реалізувати за допомогою неелектричних систем ініціювання, з одноточковим підриванням заряду ВР визначимо відношення сумарного імпульсу від точок ініціювання I_3 до імпульсу ДХ одиночного бойовика I_2 (7) для різних значень відстаней між точками ініціювання H.

Сумарний імпульс ДХ від точкових детонаторів, які одночасно досягли стінок свердловини на відрізку H, визначимо за (3). Оскільки маємо осьову та площинну симетрію, то сумарний імпульс визначиться за формулою

$$I_3 = 2\int_0^h i_\varphi dh\,. \tag{8}$$

З урахуванням переходу до інтегрування по φ, сумарний імпульс дорівнює

$$I_3 = 2 i_n r_0 \left[\operatorname{arctg}\frac{H}{2r_0} + \beta \left(\frac{1}{\cos\left(\operatorname{arctg}\frac{H}{2r_0}\right)} - 1 \right) \right]. \tag{9}$$

За результатами виконаних розрахунків побудована графічна залежність зміни відношення I_3/I_2 до відстані між точками ініціювання H (рис. 3).

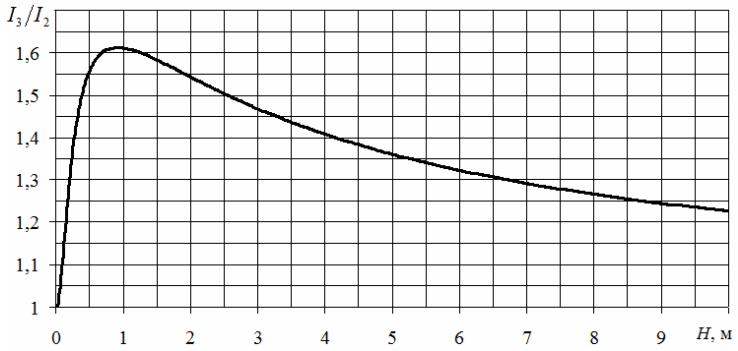

Рис. 3. Зміна відношень сумарних імпульсів ДХ при одночасному багатоточковому I_3 т а одноточковому I_2 ініціюваннях в залежності від відстані H між проміжними детонаторами

Аналіз залежності рис. 3 показує, що на сумарне значення імпульсу швидкість поширення детонації ВР не впливає. Максимальна ефективність одночасного багатоточкового ініціювання в порівнянні з одноточковим досягається при відстані між точками ініціювання 0,92 м і становить 61,2 %.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Максимальна ефективність дії сумарного імпульсу ДХ послідовного багатоточкового ініціювання в 1,39-1,57 разів більше порівняно з одноточковим залежно від зміни швидкості поширення детонації по ВР від 5000 до 2500 м/с відповідно.

2. При одночасному багатоточковому ініціюванні значення сумарного імпульсу ДХ більше в 1,61 рази ніж імпульс при одноточковому підриванні незалежно від швидкості детонації ВР.

3. Оптимальна відстань між проміжними детонаторами послідовного багатоточкового ініціювання становить 1,1- 2,1 м при збільшенні $D_{ВР}$ з 2500 до 5000 м/с, при одночасному багатоточковому ініціюванні - 0,92 м..

4. Одночасне багатоточкове підривання бойовиків в ініціаторі більш ефективніше ніж послідовне, оскільки максимальне значення його ефективності на 4,2 % більше ніж найбільше максимальне значення при послідовному багатоточковому ініціюванні (61,2 % порівняно з 57 % при $D_{ВР}$ = 2500 м/с).

Список літератури

1. **Михалюк А. В.** Горные породы при неравномерных динамических нагрузках / Михалюк А. В. – К.: Наук. думка, 1980. – 154 с.

2. Исследование эффективности действия взрыва при многоточечном инициировании удлиненных зарядов / [Сеинов Н.П., Марченко Л.Н., Жариков И.Ф., Валиев Б. С., Удачин В. Г.] //Взрыв. дело. – М.,1972. – № 71/28. – С.102–108.

3. **Жариков И. Ф.** Рациональные конструкции зарядов при дроблении горных пород взрывом / И. Ф. Жариков // Взрыв. дело. – М., 1986. – № 89/46. – С. 121-136.

4. **Валиев Б. С.** Исследование и разработка оптимальных параметров эффективного дробления крупноблочных пород Кузбасса при циклично-поточной технологии / Валиев Б. С. // Дис....канд. техн. наук.– М., 1977. – С. 120-122.

5. **Воробьев В. В.** Промышленные исследования эффективности многоточечного инициирования скважинных зарядов / В. В.Воробьев, В. Т. Щетинин // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ – Кременчуг, 2000. – Вип 2/2000(9). – С. 504-506.

6. **Фролов О. О.** Розрахунок значень тиску на фронті ударної хвилі при руйнуванні гірських порід вибухом / О. О. Фролов, С. В. Тур // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць. –2009. – Вип. 18. – С. 42–47.

7. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко.– Изд. 3-е, перераб. в 2 т. – Т.1 – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 832 с.

8. **Фролов А.А.** Применение энергетического подхода для оценки действия взрыва при разрушении скальных массивов горных пород // Материалы 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» – Тула: Тульский государственный университет. – 2013 – Т. 1 – С. 322-326.

9. **Фролов О.О.** Керування енергетичними потоками при вибуховому руйнуванні різноміцнісних масивів гірських порід на кар'єрах / Дис. ... докт. техн. наук: 05.15.03. – К., 2014. – 369 с.

Рукопис подано доредакції 18.01.14

УДК 614.88

Н.Ю. ШВАГЕР, д-р техн. наук, , М.В. ДОМНІЧЕВ, Т.А. КОМІСАРЕНКО,
О.В. НЕСТЕРЕНКО, кандидати техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАБОРУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО СПОРЯДЖЕННЯ ГРОМАДЯН У ЗОНАХ КОНФЛІКТІВ ТА ДЛЯ ПОВСЯКДЕННОГО ЖИТТЯ

Показано значущість наявності та практичності використання засобів з індивідуальних медичних комплектів під час надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу цивільним населенням. Перераховано основні засоби, враховуючи такі показники як ефективність, вартість, зручність, доступність і необхідність.

Проведено порівняння цих засобів з аналогами та здатність їх виконувати покладені на них функції. Передовсім це стосується нових засобів, що раніше не використовувалися в вітчизняній медицині для проведення заходів спрямованих на порятунок життя і здоров'я постраждалих при пораненнях. Визначено переваги і недоліки конкретних засобів та розглянуто можливість і зручність їх використання в місцевих умовах.

Розглянуто оптимальний перелік устаткування для набору індивідуального медичного спорядження як для рядового складу силових відомств, що беруть участь у військових діях так і для цивільного населення. Рекомендований набір є базовим і може бути значно розширений та доповнений з урахуванням багатьох факторів, в тому числі таких як ситуація в районі перебування користувача, доступність медичних послуг, тощо. Також в роботі не розглядалося питання комплектації набору засобами для зашивання поранень, ліками від хронічних захворювань та невідкладних станів, які можуть додатково додаватися до цього набору.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Останні події в нашій державі яскраво продемонстрували нам необхідність наявності набору засобів індивідуального медичного захисту у власності усіх громадян України. Будь-які надзвичайні ситуації, а в першу чергу військового характеру, призводять до зменшення рівня захищеності цивільного населення і росту рівня загроз їхньому життю і здоров'ю. Ця робота, є спробою дати практичні рекомендації для цивільного населення, дії якого мають бути спрямовані на збереження життя і здоров'я громадян в разі поранень під час ведення бойових дій та в разі терористичних актів. Автори провели огляд відкритих джерел, і з урахуванням останніх рекомендацій військовослужбовців збройних сил України, волонтерів та парамедиків окреслили мінімальний набір індивідуальної аптечки.

Аналіз досліджень та публікацій. Під час надзвичайних ситуацій як мирного так і воєнного часу [1-3], у тому числі в разі здійснення сепаратистами терористичних актів, виникає загроза життю і здоров'ю не лише військовослужбовців ЗСУ, МВС чи бійців добровольчих з'єднань а й цивільного населення як в окремій територіальній одиниці зокрема, так і в межах усієї держави взагалі. Такі ситуації супроводжуються різким зростанням рівня травматизму, кількості поранених та погіршенням рівня забезпечення населення медичною допомогою. При цьому

© Швагер Н.Ю., Домнічев М.В., Комісаренко Т.А., Нестеренко О.В., 2014