

ДО ОБГРУНТУВАННЯ БЕЗПЕЧНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ СВЕРДЛОВИН ДОННИМИ ЗАРЯДАМИ НА КАР'ЄРАХ

*М. В. Кривцов, докт. техн. наук, А. П. Пашков, канд. техн. наук (ННДІОП),
А. І. Крючков, канд. техн. наук (НТУУ «КПІ»)*

Исследовано напряженное состояние массива от одновременного взрывания нескольких донных зарядов при взрывном осушении скважин. Установлено оптимальное количество донных зарядов в одной ступени замедления. Предложено оптимальное время задержки между взрывами отдельных групп донных зарядов.

З поглибленням кар'єрів збільшуються обсяги обводнених порід і, відповідно, й кількість обводнених свердловин. Ступінь обводненості свердловин обумовлює вимоги до вибухових речовин (ВР) щодо їх водостійкості, яка залежить не тільки від складу ВР, а й від часу їх перебування у воді та проточності води.

Згідно з [1] всі допущені до виробництва ВР в Україні поділяють на водостійкі, частково водостійкі та неводостійкі. До водостійких ВР належать гранулотол, тротил, україніт і акватол Т-20Г. Перші дві ВР досить дорогі та дуже небезпечні. А емульсійна ВР україніт і гаряченаливний акватол Т-20Г, які заряджаються під стовп води за допомогою зарядних шлангів, не знаходять широкого застосування в Україні і за кордоном через зменшення продуктивності заряджання, складність приготування якісних багатокомпонентних ВР, флегматизацію заряду водою та буровим дрібняком.

До частково водостійких ВР належать грамоніт 79/21 та грамоніт 79/21 ГС. При потраплянні води в такі ВР селітра частково розчиняється. Проте завдяки присутності тротилу такі заряди вибухають з повним або частковим виділенням тепла. Згідно з технічними умовами грамоніт 79/21 ГС та грамоніт 79/21 призначені для заряджання сухих та мокрих (збезводнених) шпурів, свердловин та камер. Заряджання таких ВР у поліетиленові рукава суттєво ускладнює технологію заряджання обводнених свердловин і підвищує їх вартість.

Неводостійкі ВР – це насамперед ігданіт та його аналоги: грануліти КС-1, Д-5, ШР-1, А-6, НМ, що являють собою механічні суміші гранульованої чи лускоподібної селітри та горючої добавки. Такі ВР виготовляються, як правило, у процесі заряджання свердловин або безпосередньо перед заряджанням на стаціонарних механізованих пунктах і не підлягають тривалому (більше однієї доби) зберіганню. Ці ВР прості та економічні і використовуються в сухій частині обводнених свердловин, в сухих свердловинах та у водоізолюваних оболонках.

Встановлено, що більше 90 % відмов вибухів зарядів мають місце в обводнених свердловинах [2]. Головними причинами відмов та втрат ВР залишається тривале і малопродуктивне зарядження і перебування ВР в обводнених свердловинах протягом 3–5 діб. Лише на кар'єрах Кривбасу на кожні 1000 підірваних свердловин реєструється більш ніж 150 відмов за рік. При кожній відмові в подрібненій вибухом породі та в перебурах свердловин залишаються в середньому 552 кг ВР [3]. Загальні щорічні втрати ВР внаслідок відмов становлять $552 \times 150 = 82800$ кг.

В обводнених свердловинах буровий дрібняк присутній в донній її частині (1,2–2,0 м), в завислому стані та на внутрішній поверхні свердловин. Згідно з вимогами §136 [4] перед зарядженням свердловини слід очищати від бурового шламу, тому всі обводнені свердловини перед зарядженням необхідно зневоднювати. Ефективність зневоднення обводнених свердловин переконливо підтверджується багаторічним досвідом роботи з застосуванням водовідкачувальних установок, насосів та донних прострілювальних зарядів [5–9]. Вибухами донних прострілювальних зарядів досягається висока продуктивність зневоднення свердловин (до 100 свердловин за годину двома підривіниками).

Фактором, що стримує широке застосування вибухового зневоднення свердловин, є ймовірність порушення устя та стінок свердловин. Щоб запобігти цьому, необхідно визначити кількість свердловин і послідовність їх підривання, що дозволить усунути накладання вибухових хвиль при підриванні донних зарядів.

Розглянемо напружений стан масиву від дії кількох одночасних вибухів донних зарядів. Оскільки границя міцності гірських порід на розрив значно нижча, ніж на стиснення, то руйнування масиву в основному буде визначатися тимчасовим опором гірських порід розриву.

Для визначення напружень у будь-якій точці масиву і з метою спрощення задачі скористаємося формулою теорії пружності

$$\sigma = pr_c^2 / r^2, \quad (1)$$

де p – рівномірно розподілений тиск уздовж контуру свердловини; r_c – радіус свердловини; r – змінна координата.

З урахуванням динамічного тимчасового опору порід розриву формула (1) матиме вигляд

$$\sigma_\theta = p_0 r_c^2 / r^2 \leq [\sigma_g], \quad (2)$$

де σ_θ – напруження на розрив у будь-якій точці гірського масиву; $p_0 = \rho_{\text{ВВ}} D^2 / 8g$ – тиск продуктів детонації ВР у зарядній свердловині; $\rho_{\text{ВВ}} = Q/V$ – щільність ВР; Q – маса ВР у свердловині; V – об'єм ВР у свердловині; D – швидкість детонації ВР; g – прискорення земного тяжіння; $[\sigma_g]$ – динамічна границя міцності гірських порід на розрив.

Підставивши в (2) значення щільності й тиску, отримаємо

$$\sigma_{\theta} = Q D^2 r_c^2 / 8g V r^2 \leq [\sigma_g]. \quad (3)$$

З цього рівняння знаходимо:

$$Q = 8g V r^2 [\sigma_g] / D^2 r_c^2. \quad (4)$$

Підставивши в (4) значення постійних величин, отримаємо:

$$Q = 78,48 V r^2 [\sigma_g] / D^2 r_c^2. \quad (5)$$

Оптимальну кількість донних зарядів в одному ступені уповільнення, при вибуху якої не відбувається порушення поверхні устя та стінок свердловин у суміжних групах, визначаємо за формулою

$$n = 8g V r^2 [\sigma_g] / D^2 r_c^2 Q_1, \quad (6)$$

де Q_1 – маса донного заряду у свердловині залежно від типу ВР і висоти стовпа води, яка на практиці становить 1,6–3,0 кг.

Аналіз отриманих вище формул показує, що для запобігання руйнуванню свердловини слід залежно від фізико-механічних властивостей гірських порід та типу ВР одночасно в одному ступені підривати від 25 до 50 кг ВР.

Другим важливим фактором при вибуховому зневодненні свердловин донними зарядами є інтервал уповільнення між групами цих зарядів. Щоб уникнути інтерференції відбитих та падаючих хвиль від наступних вибухів груп донних зарядів необхідно, щоб кожна наступна група цих зарядів підривалась через такий проміжок часу, при якому хвиля відбиття покидала б масив цих дільниць, тобто

$$t \geq 2l / V_p, \quad (7)$$

де t – час уповільнення між вибухами окремих груп донних зарядів; l – відстань від донного заряду до вільної поверхні; V_p – швидкість поширення хвиль.

$$V_p = \sqrt{E(1-\mu)\rho(1+\mu)(1-2\mu)},$$

де E – модуль пружності; μ – коефіцієнт Пуассона; ρ – щільність гірських порід.

Підставивши у формулу (7) значення швидкості поширення вибухових хвиль, отримаємо:

$$t = 2l / \sqrt{E(1-\mu)\rho(1+\mu)(1-2\mu)}. \quad (8)$$

Таким чином, в результаті досліджень взаємодії хвиль напружень при вибуху донних зарядів отримано розрахункові формули для визначення кількості свердловин, що одночасно підриваються у групі на один ступінь уповільнення, а також розрахункові показники оптимального проміжку уповільнення між окремими групами свердловин (таблиця).

Розрахункові показники проміжку уповільнення між групами донних зарядів

Найменування показників	Значення показників			
Коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. М. М. Протодьяконова	14–16	12–14	10–12	8–10
Швидкість поширення поздовжньої хвилі у масиві $V_p \cdot 10^{-3}$, м/с	6,0–6,5	5,5–6,0	4,5–5,5	3,0–4,5
Проміжок уповільнення між групами донних зарядів ВР, мс	18–20	20–22	22–26	26–40

Результати досліджень дозволяють рекомендувати до використання в промислових умовах розроблену технологію зневоднення свердловин.

Подальші дослідження будуть спрямовані на забезпечення технологічної і екологічної безпеки підривних робіт із застосуванням сучасних ВР.

1. *Перелік допущених до виробництва і реалізації вибухових речовин промислового виготовлення та таких, що виготовляються в умовах самого підприємства, що здійснює гірничі роботи.* Затв. Постановою Кабміну України № 941 від 13 червня 2000 р. – 5 с.

2. *Федоренко П. И., Пашков А. П., Дядечкин Н. И.* Взрывная очистка скважин на карьерах // Горный журнал. – 1994. – № 12. – С. 24–25.

3. *Технологическая инструкция по предупреждению обнаружения и ликвидации отказавших скважинных зарядов на открытых горных работах.* – К.: Норматив – 1992. – 26 с.

4. *Единые правила безопасности при взрывных работах.* – К.: Норматив. – 1992. – 171 с.

5. *Каркашадзе Г. Г., Таран Н. О., Олименко В. М.* Технология буровзрывных работ с предварительным взрывным осушением отбойных скважин // Горный журнал. – 2001. – № 8. – С. 29–32.

6. *Кривцов М. В., Пашков А. П.* Безпечно використання аміачно-селітряних вибухових речовин при руйнуванні обводнених порід на кар'єрах // Зб. наук. праць. – К.: ННДІОП. – 2002. – Вип. 4. – С. 26–30.

7. *Попков В. В., Маслов И. Ю., Бачурин Л. В.* Оценка химической совместимости промышленных ВВ с разрабатываемыми породами // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 1. – С. 37–40.

8. *Ефремов Э. И., Баранник В. В.* Использование неводоустойчивых взрывчатых веществ при разрушении обводненных горных пород // Metallургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – № 4. – С. 70–72.

9. *Совершенствование буровзрывных работ на карьерах объединения / М. М. Турдахунов, О. С. Исаченко, М. Ф. Алешко, И. Ф. Перепечаев, Л. Н. Шабуров // Горный журнал. – 2004. – № 7. – С. 47–54.*