

ОБГРУНТУВАННЯ СПОСОБІВ І ПРИСТРОЇВ ПОДАВАННЯ ПОЛІМЕРНОГО РУКАВА ПРИ ЗАРЯДЖАННІ СВЕРДЛОВИН ВИБУХОВИМИ РЕЧОВИНАМИ

Описано ряд способів подавання полімерного рукава в свердловину з попереднім укладанням його в пакет; наведені недоліки і переваги при їх порівнянні. Виконана оцінка основних параметрів пристрою подавання рукава: довжини рукава, максимальної продуктивності потоку ВР, гальмівної сили.

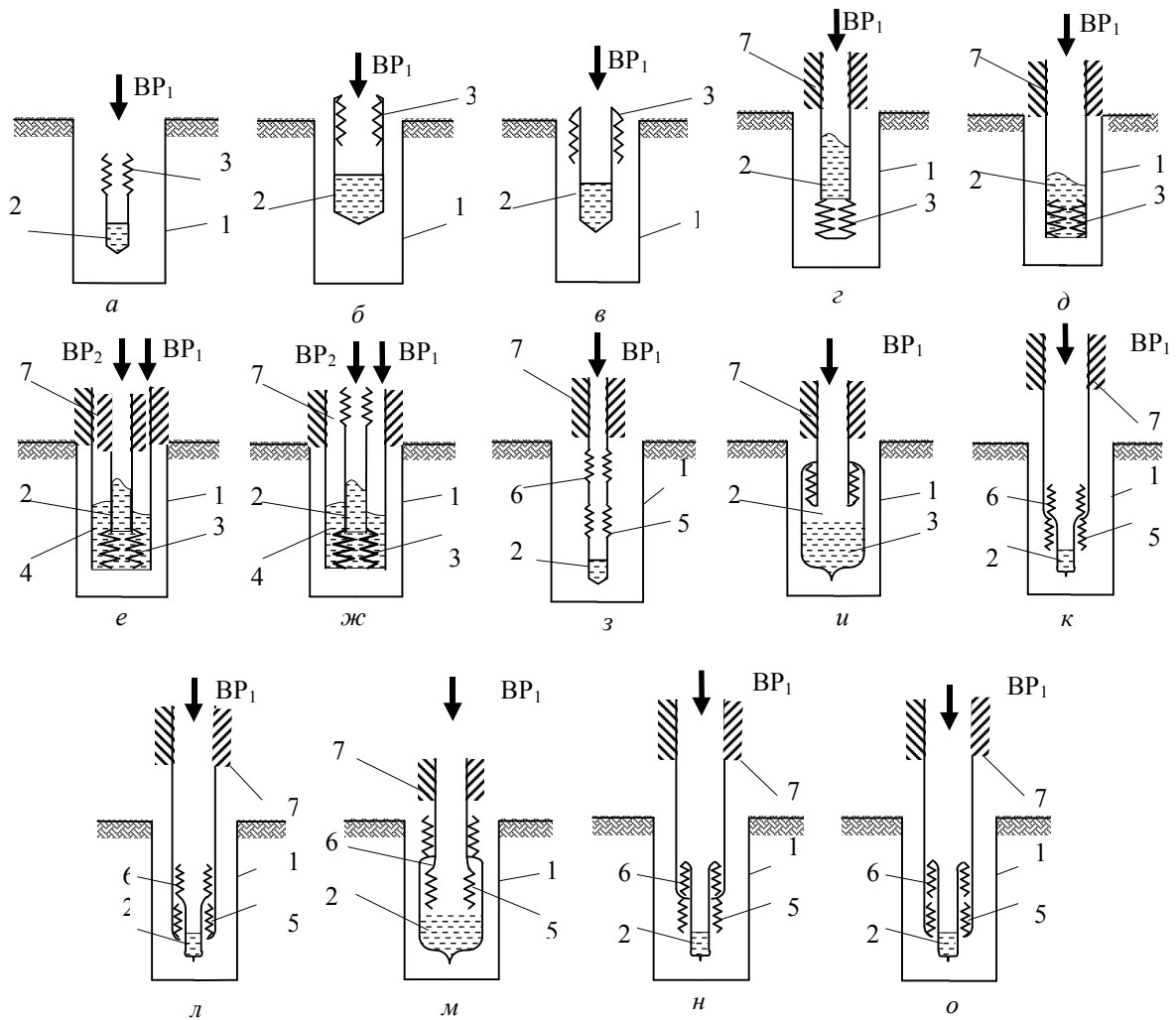
В Україні видобувають великі об'єми твердих корисних копалин відкритим способом за допомогою вибухової технології руйнування гірських порід, яка й на ближню перспективу залишиться основною. Але сучасний стан розвитку цієї технології характеризується тим, що економічно недоцільно підривати породи з застосуванням вибухових речовин (ВР) високої вартості, оскільки це спричиняє неконкурентоспроможність кінцевої продукції. Крім цього, при заряджанні свердловин з водою ВР вимиваються, що приводить до часткових або повних відмов вибуху, погіршення його якості, хімічного забруднення території і водних ресурсів.

Для виходу з цієї складної ситуації у Національних програмах поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 1996...2000 роки і на 2001...2005 роки (Постанови КМ України від 2.11.1996 р., №1345 і від 10.10.2001 р., №1320) передбачено створення нових вибухових речовин, засобів заряджання свердловин і ряд інших завдань з вибухової справи. У зв'язку з актуальністю даної науково-прикладної проблеми автор протягом багатьох років працює над створенням фізико-технічних основ технології дроблення масивів гірських порід вибухами свердловинних зарядів ВР у полімерних рукавах. У даній праці він наводить результати щодо розробки і обґрунтування способів і пристрою подавання полімерного рукава в процесі засипання ВР у свердловину.

Дослідженнями [1,2] встановлено, що найперспективнішим способом заряджання, при якому ВР подається в рукаві через стовп води. При цьому відповідна витрата рукава здійснюється під дією сили ваги ВР, розміщеної в рукаві, з пакета, який сформовано попередньо в спеціальних умовах.

Розроблено ряд способів подавання рукава з попереднім укладанням його в пакет (рисунок). За схемами *a...в* пакет встановлюється на ділянці устя свердловини (над свердловиною або в ній). Позитивним у цих способів є відносна можливість контролю витрати рукава і повторного використання пристрою подавання рукава, а недоліками – ковзкий контакт рукава зі стінками свердловини, значна висота падіння рукава з ВР і ВР у рукаві відносно рівня дії гальмівного пристрою. Перший недолік збільшує ймовірність випадкових проколів рукава, але з практики використання рукавів впливає, що це не перешкоджає застосуванню даного способу. Другий недолік є суттєвим і заряджання за цим способом подавання рукава можливе тільки при спеціальному режимі гальмування і подавання ВР, інакше буде спостерігатися перевитрата рукава або його обрив. У способах подавання рукава за схемами *г...е* пакет рукава рухається по свердловині під дією сили ваги ВР, розміщеної на пакеті. При цьому позитивним є: відсутність ковзкого контакту між стінкою свердловини і рукавом; порівняно проста реалізація заряджання двох різних ВР, які розміщуються коаксіально в рукавах; послаблені вимоги до гальмівних пристроїв чи їх відсутність в пристрої подавання. Недоліками є: складність процесів формування зарядів і укладання рукава в пакет через обмеженість зовнішніх розмірів пакету, особливо при необхідності подавання води зі свердловини усередину рукава під час заряджання; підвищені вимоги до рухливості ВР в рукаві під час його подавання. Можливі комбінації зазначених способів (рисунок, *ж*) і способи подавання рукава з пакетом, котрий переміщується по свердловині вслід за стовпом ВР (рисунок, *з...о*). В останньому випадку зменшується довжина ділянки свердловини, на якій рукав рухається з ковзким контактом відносно стінки свердловини, зменшується довжина рукава, яка підлягає спеціальному гальмуванню. Крім цього, використання пристроїв подавання рукава з двома півпакетами рукава з обрізків різних діаметрів забезпечує формування заряду зі змінною масою на один метр довжини свердловини. Недоліками цього способу подавання рукава є також неможливість проведення візуального контролю за витратою рукава та ускладнена процедура укладання рукава в пакет.

Успішна робота будь-якого пристрою подавання рукава, який реалізує одну з зображених на рисунку схем, неможлива без правильної оцінки його основних параметрів: довжини рукава в пакеті, діаметра отвору для потоку ВР, закономірностей гальмування від швидкості подавання рукава або часу заряджання, а також граничних силових характеристик гальмівних пристроїв. Зокрема, довжина рукава, який укладається в пакет пристрою подавання, визначає не тільки габаритні розміри, але й конструкцію, особливо при використанні схем з діленням пакета рукава на окремі підпакети.



Схеми реалізації способів подавання полімерного рукава:

1 – свердловина; 2 – ВР; 3 – пакет рукава; 4 – друга ВР;

5 – перший півпакет; 6 – другий півпакет; 7 – кріплення рукава до бази

Необхідна довжина рукава повинна забезпечувати процес заповнення свердловини ВР, а також неперервний зв'язок між стовпом ВР і поверхнею блока в процесі вимушеного стояння заряду при тривалому заряджанні. Це пов'язано з необхідністю контролю за станом заряду і корекції його висоти за допомогою досипання ВР. Необхідна довжина рукава повинна визначатися з урахуванням усіх процесів, які протікають у свердловині і приводять до деформації заряду і рукава. При цьому можливі два варіанти: за першим – рукав вільно подається для компенсації будь-якої деформації заряду і за другим – рукав має відповідну міцність і силою гальмівних пристроїв утримується в пристрої подавання без деформації. У практиці використовується перший варіант, оскільки застосування другого на сучасних матеріалах проблематично. Дослідженнями автора встановлено, що необхідну довжину рукава L_p в метрах можна визначати за формулою

$$L_p \geq (1 + K_{e_1} + K_{e_2} + K_{e_3})H_{BP} + (1 + K_3 \varepsilon_{II})H_H, \quad (1)$$

де K_{e_1} – коефіцієнт витрати рукава на складкоутворення в процесі усадки стовпа ВР;

K_{e_2} – коефіцієнт витрати рукава на згинання стовпа ВР у свердловині;

K_{e_3} – коефіцієнт витрати рукава на огинання виступів стінок свердловини;

H_{BP} – висота стовпа ВР, м;

K_3 – коефіцієнт запобіжного запасу рукава;

ε_{II} – поздовжня гранична деформація матеріала рукава при розтягу;

H_H – висота незаповненої частини свердловини над стовпом ВР, м.

Перший член в формулі (1) фізично виражає необхідну довжину рукава для розміщення стовпа заряду і його зміну при ущільненні (усадці, згинанні, огинанні нерівностей свердловини тощо), другий – необхідну довжину рукава для підтримання зв'язку з зарядом, у тому числі й при довільних рухах заряду в процесі тривалого стояння. Коефіцієнт K_{e_1} пов'язаний з усадкою ВР в осьовому напрямку свердловини. У сухій речовині усадка також пов'язана з її ущільненням під дією власної ваги (у тому числі в процесі подавання в рукав) при тривалому знаходженні в свердловині під дією кліматичних умов. У процесі усадки через тертя речовини об внутрішню поверхню рукава неодмінно відбувається його вісьове стягування з складкоутворенням. При попаданні води в рукав ущільнення й усадка протікають в процесі розчинення речовини. В обводненій свердловині при порушенні герметичності рукава на величину усадки значно впливає вимивання ВР. Тоді $K_{e_1} = H_y / H_{BP}$, де H_y – зниження висоти стовпа речовини при усадці, м. При упакуванні в рукав гранульованої ВР в сухій свердловині $K_{e_1} = 0,01...0,05$. Після семидобового знаходження ВР у рукаві в обводненій свердловині $K_{e_1} = 0,60...0,65$. Однак для конкретних умов необхідно уточнювати значення цього коефіцієнта, оскільки можливі відхилення від зазначених значень.

Коефіцієнт K_{e_2} фізично відображає поперечну деформацію стовпа ВР через втрату стійкості при наявності вільного простору в свердловині. Для характерного випадку розміщення стовпа ВР по гвинтовій лінії

$$K_{e_2} = \frac{l_l - T_l}{T_l} = \frac{l_l}{T_l} - 1, \quad (2)$$

де l_l – довжина гвинтової лінії за один її крок, T_l – крок гвинтової лінії.

Використовуючи властивості гвинтової лінії [3], можна записати

$$l_l = 2\pi \sqrt{r_c^2 + \left(\frac{T_l}{2\pi}\right)^2}, \quad (3)$$

де r_c – радіус свердловини.

При діаметрах свердловини 214 і 320 мм, кроках гвинтової лінії відповідно 2,5 і 2 мм значення K_{e_2} дорівнюють 0,035 і 0,119.

Коефіцієнт K_{e_3} фізично відображає згинання стінок рукава при притискуванні стовпа ВР до стінок свердловини. При наявності радіального зазору $K_{e_3} \cong 0$. При упакуванні в рукав з діаметром, що дорівнює або більший діаметра свердловини, яка розміщена в шаруватих, сильно тріщинуватих і міцних породах, а також при вогневому бурінні

$$K_{e_3} = \frac{l_e}{T_e} - 1 = 2 \frac{\sqrt{h_e^2 + \left(\frac{T_e}{2}\right)^2}}{T_e} - 1, \quad (4)$$

де l_e – довжина рукава між виступами в свердловині; T_e – середня відстань між виступами в свердловині вздовж твірної, h_e – середня висота виступів.

За виступи в рівній свердловині приймаються дрібні куски, які прилипли до стінок свердловини, гребні і впадини в стінках, або згини вісі свердловини, що пов'язано з неідеальністю бурової техніки та мінливістю властивостей порід. Зокрема, для $h_e = 0,003$ і $0,005$, $T_e = 0,1$ і $0,5$ м значення K_{e_3} відповідно дорівнює 0,002 і 0,02.

Коефіцієнт K_3 в формулі (1) має смисл коефіцієнта надійності, тобто його призначення полягає в забезпеченні надійного зв'язку зі стовпом речовини без сходження рукава в свердловину при незакріпленому другому торцю або без обриву рукава при закріпленому другому торцю. Величина K_3 обумовлена процесами переупаковки речовини, геотехнологічною і кліматологічною ситуацією навколо свердловини, матеріалом рукава тощо. При тривалому знаходженні зарядів в свердловинах до семи діб $K_3 = 1...3$ (без урахування вимивання).

Процеси завантаження ВР у рукав і усадки стовпа ВР в рукаві супроводжуються ефектами, які перешкоджають формуванню неперервного стовпа ВР і сприяють значному збільшенню витрати ВР порівняно з розрахунковою. Найсуттєвішим з цих ефектів є втрата жорсткості рукава, який знаходиться під речовиною, що в ньому рухається, і утворення складки – уявного дна, через яке речовина не може просипатися. У стовпі ВР утворюється пробка з матеріала рукава, витрата рукава різко збільшується, і при недостатньому його запасі верхній кінець зривається і входить в свердловину. У такому випадку

подальше заряджання неможливе. Явище уявного дна можливе при невідповідності гальмівних характеристик пристрою подачі рукава і продуктивності заряджання розрахунковим значенням ВР. У цьому випадку необхідно враховувати, що сила тертя ВР об рукав різко зростає при зменшенні прохідного перерізу рукава, обумовленого зближенням стінок рукава. Це відбувається при поздовжньому натягу рукава під дією сили ваги ВР і гальмування в нахилених свердловинах, а також додатково під дією ваги рукава.

Максимальну продуктивність потоку речовини Q , що проходить через еквівалентний циліндричний отвір діаметром D_0 , можна отримати з умови рівності часу падіння частинок ВР в отворі часу наповнення ВР цього отвору, а саме:

$$Q = 1,74 D_0^2 \rho_{BP} \sqrt{l_{II}} \quad (5)$$

де ρ_{BP} – щільність ВР; l_{II} – довжина отвору в пакеті.

Враховуючи, що на практиці суттєві значення мають зміна потоку з часом, спосіб подавання речовини в отвір (форма лійки), тому допустимим приймається потік речовини з середньою продуктивністю, не більшою 0,5...0,7 продуктивності, яка визначається за формулою (5). Тому граничним найменшим діаметром отвору для потоку речовини можна прийняти

$$D_0 = (1,0...1,1) \sqrt{\frac{Q}{\rho_{BP} \sqrt{l_{II}}}} \quad (6)$$

У конструкції пристроїв, в яких гальмування здійснюється затисканням рукава між гальмівними колодками (пружними елементами) і жорсткою основою (трубою), для виключення поривів рукава необхідно обмежувати силу притискування рукава. Ця сила визначається з граничного випадку, коли весь зайвий матеріал рукава, обумовлений різницею діаметрів рукава і труби, збирається в одну складку. При цьому загрозна на розрив рукава ситуація виникає тоді, коли сила гальмування, яка припадає на частину пружного елемента гальма, що огинає складку, зосереджується на площі складки, обмеженій її висотою і подвійною товщиною рукава (на вістрі складки). Сила притискування

$$P \leq \frac{\Delta \sigma_p}{K_T h} \sqrt{\frac{z}{D_T}} \quad (7)$$

де P – середній нормальний тиск, з яким притискується рукав до труби, Н/м²; Δ – товщина плівки рукава, м; σ_p – границя міцності матеріалу рукава на розрив, Н/м²; K_T – середній коефіцієнт тертя рукава об матеріал труби і пружного елемента; h – довжина контакту пружного елемента з трубою, м; D_T – діаметр труби, м; z – висота складки, м.

Висота складки z визначається з умови розміщення складки поперечним перерізом у вигляді трикутника, а саме:

$$z = \sqrt{\pi \Delta (D_p - D_T)} \quad (8)$$

де D_p – діаметр рукава, м;

Виконання наведених умов забезпечує безпечне (без розривів) гальмування рукава. Силві характеристики гальмування рукава забезпечуються підбором елементів гальмівних пристроїв за встановленими вимогами. Однак, в усіх випадках сила гальмування повинна перевищувати силу тертя ВР об внутрішню поверхню рукава.

Згідно з наведеним обґрунтуванням розглянутих способів подавання полімерного рукава автором розроблені і впроваджені в масове виробництво пристрої подачі рукава з керуванням гальмуванням.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Пат. 23031 Україна, МПК F42 В 3/00. Спосіб заповнення нисхідних свердловин речовиною в рукав і пристрій для його здійснення/ В.С.Прокопенко, А.В.Прокопенко (Україна).-№95125561; Заявлено 4.12.95; Опубл. 30.06.98. Бюл. №3. – 13с.
2. Пат. 21111450 Россия, МКИ F42Д1/08.Устройство для заполнения нисходящих скважин веществом в рукав/ В.С.Прокопенко, В.И.Тимошин, В.Д.Павличук, И.В.Тимошин, А.Е.Буданов (Россия)-№97113130; Заявлено 13.08.97; Опубл. 20.05.89. Бюл. №4. – 11с.
3. Смирнов В.И. Курс высшей математики.Т.2, М.: Наука, 1967. – 655с.

ПРОКОПЕНКО Віктор Степанович – кандидат технічних наук, голова правління ЗАТ “Експериментально-промислова технологія вибухових робіт”.

Наукові інтереси:

- фізико технічні основи технології дроблення масивів гірських порід вибухами свердловинних зарядів неводостійких вибухових речовин у полімерних рукавах.

Подано 4.01.2002

Обоснование способов и устройств подачи полимерного рукава при зарядании скважин взрывчатыми веществами / В.С. Прокопенко //Вісник ЖІТІ. – 2002. – № ... /Технічні науки. – С. ... - ...: ил. 1. – Библиогр. : 3 назв.

Описано ряд способів подачі полімерного рукава в скважину з попередньою укладкою його в пакет, приведені недоліки і переваги при їх порівнянні. Виконана оцінка основних параметрів пристрою подачі рукава: довжини рукава, максимальної продуктивності потоку ВВ, сили гальмування.

Substantiation of methods and arrangements for feeding the polymer hose when charging of mining holes with explosives /V.S. Prokopenko //

A number of methods of feeding the polymer hose into the mining hole, with preliminary forming a packet from this hose, is described. The shortcomings and advantages of these methods are shown. The main parameters of hose feeding arrangements, such as hose length, maximum explosives flow rate, braking force, are estimated.