

Винахід відноситься до гірничої промисловості, точніше - до зарядів для підривних робіт, і може бути використаний при формуванні зарядів для заряджання вертикальних або крутопохилих сухих і обводнених свердловин вибуховою речовиною (далі ВР) при проведенні підривних робіт у кар'єрах, у тому числі на вугільних розрізах.

Відомі заряди ВР, що містять робочу ВР (пасивну), яка виконує функцію впливу на навколишню породу, і проміжну ВР (активну), яка виконує функцію підривання робочої ВР. Проміжна ВР, у свою чергу, підривається якими-небудь засобами, наприклад детонаторами.

Проміжні ВР можуть мати різноманітні геометричні форми, бути зосередженими, протяжними, і можуть розташовуватися як усередині робочої ВР, так і зовні, у контакті з нею [1,2]

Загальним недоліком цих зарядів є те, що вплив детонації проміжної ВР на робочу ВР здійснюється в умовах стаціонарного режиму, характерного для кожної робочої ВР.

Це забезпечує можливість одержання більшої швидкості детонації робочої ВР з метою форсування роботи заряду ВР і, як наслідок, більшого тиску продуктів вибухового перетворення на об'єкт впливу заряду, але не забезпечує можливість планування кінцевого результату впливу вибуху заряду ВР шляхом зміни режиму його хімічного перетворення для одержання максимальної ефективності вибуху з заздалегідь заданою якістю для розв'язання функціональних задач у певних умовах використання заряду ВР.

Відомий циліндричний заряд ВР, що складається з двох різних ВР, які безпосередньо контактують торцями - активної (ініціюючої) і пасивної (ініційованої) [3].

Проте при встановленій залежності між швидкістю детонації проміжної і робочої ВР і довжиною перехідної зони швидкості детонації до її стаціонарного значення в зазначеному заряді ВР не встановлені параметри залежності між масою, геометричними розмірами і взаємним розташуванням проміжної і робочої ВР, які забезпечують досягнення необхідних технологічних властивостей заряду для одержання заздалегідь вибраної якості вибуху, наприклад ефекту дроблення оточуючих порід, їх переміщення, ущільнення і т.д., оскільки процеси, що відбуваються в перехідній зоні, складним чином залежать від властивостей ініціюючої (проміжної) і ініційованої (робочої) ВР і в даний час не піддаються точним теоретичним розрахункам.

Найбільш близьким по технічній суті до заявлюваного заряду є "Колонковий вибуховий пристрій" [4], у якому проміжний детонатор (проміжна ВР) розміщений в оболонці, виконаній у вигляді труби усередині і по центру вибухової суміші (робочої ВР), а маса проміжної ВР у ньому складає не менше 6% від маси робочої ВР.

У даному заряді проміжна ВР при такій масі виконує по суті частину функції робочої ВР, не забезпечуючи максимального ефективного впливу детонаційної хвилі, що значно знижує вивільнення енергії вибуху робочої ВР і робить його некерованим з точки зору одержання заздалегідь запланованого результату вибуху залежно від умов використання заряду ВР.

У цьому заряді маса проміжної ВР складає значну частину заряду ВР у цілому і, з точки зору кількісного використання вибухових пристроїв в умовах відкритих розробок, об'єм проміжних ВР є великим, а з урахуванням дорогих вибухових речовин, що застосовуються у проміжних ВР, істотно збільшує вартість як самого заряду, так і вартість розкривних робіт у цілому.

Технічною задачею цього винаходу є створення заряду ВР шляхом установа співвідношення мас проміжної і робочої ВР у заданих межах, а також конструктивних варіантів виконання заряду, яке забезпечує максимальне вивільнення енергії вибуху шляхом збудження в робочій ВР детонаційної хвилі необхідної густини імпульсу в найкоротший час і одержання нової якості вибуху, при якому весь заряд працює у форсованому режимі (перестисненої детонації) з максимальним, заздалегідь заданим ефектом вибуху залежно від функціональних задач кінцевого впливу вибуху на породу (руйнування, ущільнення, одержання воронки) і залежно від виду руйнованих порід, а також можливість одержання перерахованих переваг при використанні дешевих робочих ВР.

Зазначена задача розв'язується при формуванні заряду ВР, що включає робочу ВР і проміжну ВР з швидкістю детонації, що перевищує швидкість детонації робочої ВР, у якій проміжна ВР має масу

$$M_n = (0,0003-0,05) M_p,$$

де M_n , M_p - маси проміжної і робочої ВР, кг, причому задача розв'язується за допомогою варіантів виконаної конструкції заряду у сукупності з співвідношенням мас запропонованого винаходу, що належать до об'єктів одного виду, мають однакове призначення і забезпечують одержання того самого технічного результату.

Варіант 1. Заряд ВР, що містить робочу ВР і проміжну ВР з швидкістю детонації, що перевищує швидкість детонації робочої ВР, виконаний протяжним, проміжна ВР розміщена на торці робочої ВР співвісно з нею, має діаметр менший, ніж діаметр робочої ВР, і масу

$$M_n = \frac{0,2-0,5 \frac{P_n+1}{K_n} \frac{L_p}{D_p}}{K_n K_3 \frac{P_p+1}{D_n}} M_p,$$

де M_n - маса проміжної ВР, кг; K_n - коефіцієнт передачі ініціюючого імпульсу у робочу ВР, $K_n = 0,5-1,0$; K_3 - коефіцієнт форми заряду, у діапазоні $1,3 \leq K_3 \leq 4,5$; $K_3 = 3,7-5,5$, де r_3 і l_3 - відповідно радіус і довжина заряду; P_n , P_p - показник політропи відповідно проміжної і робочої ВР; D_n , D_p - швидкість детонації відповідно проміжної і робочої ВР, м/с; M_p - маса робочої ВР, кг, при співвідношенні мас $M_n = (0,0003-0,05) M_p$.

Варіант 2. Заряд ВР, що містить робочу ВР і проміжну ВР з швидкістю детонації, що перевищує швидкість детонації робочої ВР, виконаний протяжним, проміжна ВР розміщена уздовж осі робочої ВР і має масу

$$M_n = \frac{(0,006-0,09) \left[\frac{(P_n+1)D_p}{(P_p+1)D_n} \right] \frac{e_p}{e_n}}{K_{yi}^2 K_n^2} M_p,$$

де M_n - маса проміжної ВР, кг; K_{yi} - коефіцієнт умов формування ініціюючого імпульсу, $K_{yi} = 0,5-1,0$; K_n - коефіцієнт передачі ініціюючого імпульсу у робочу ВР, $K_n = 0,5-1,0$; P_n , P_p - показник політропи відповідно

проміжної і робочої ВР; D_n, D_p - швидкість детонації відповідно проміжної і робочої ВР, м/с; ρ_p, ρ_n - щільності відповідно робочої і проміжної ВР, кг/м³; M_p - маса робочої ВР, кг при співвідношенні мас $M_n = (0,0003-0,05) M_p$.

У зазначеному варіанті можуть бути відмінності в реалізації, зокрема, проміжна ВР може знаходитися в контакті з робочою ВР.

Варіант 3. Заряд ВР, що містить робочу ВР і проміжну ВР з швидкістю детонації, що перевищує швидкість детонації робочої ВР, у якому проміжна і робоча ВР виконані зосередженими, а проміжна ВР розміщена у середині робочої ВР і має масу

$$M_n = (0,004 - 0,2) \left[\frac{(\Pi_n + 1) D_p}{(\Pi_p + 1) D_n} \right] \frac{\rho_p}{\rho_n} M_p,$$

де M_n - маса проміжної ВР, кг; Π_n, Π_p - показник політропи відповідно проміжної і робочої ВР; D_n, D_p - швидкість детонації відповідно проміжної і робочої ВР, м/с; ρ_p, ρ_n - щільність відповідно робочої і проміжної ВР, кг/м³; M_p - маса робочої ВР, кг, при співвідношенні мас $M_n = (0,0003-0,05) M_p$.

Варіант 4. Заряд ВР, що містить робочу ВР і проміжну ВР з швидкістю детонації, що перевищує швидкість детонації робочої ВР, у якому заряд або його частина розділена на елементи, у кожному з яких маса робочої ВР не перевищує 3500-4000 мінімальних мас проміжної ВР, при співвідношенні мас $M_n = (0,0003-0,05) M_p$.

Зазначений варіант може бути реалізований у таких конкретних видах.

Заряд ВР складається з одного елемента робочої й одного елемента проміжної ВР.

Елементи заряду подібні за формою.

Елементи заряду різні за формою.

Елементи заряду однакові по масі.

Елементи заряду різні по масі.

Елементи проміжної ВР розташовані послідовно уздовж однієї осі.

Елементи проміжної ВР розташовані на одній осі.

Елементи проміжної ВР розташовані послідовно зі зсувом щодо однієї осі.

Заряд ВР виконаний протяжним, елементи проміжної ВР виконані площинними і орієнтовані поперек заряду, а в кожному елементі співвідношення поздовжніх розмірів робочої і проміжної ВР знаходиться в діапазоні

$$20 < \frac{l_p}{l_n} < 50,$$

де l_p, l_n - довжина елемента відповідно робочої і проміжної ВР, м, при різниці між поперечними розмірами елементів робочої і проміжної ВР, що не перевищує 15%.

Елементи проміжної ВР виконані протяжними і розташовані уздовж осі заряду, відстань між суміжними елементами проміжної ВР не перевищує 2/3 середнього поперечного розміру елемента робочої ВР, а середній поперечний розмір елемента проміжної ВР дорівнює:

$$d_{п\text{ ср}} = (0,025-0,245) d_{р\text{ ср}},$$

де $d_{п\text{ ср}}, d_{р\text{ ср}}$ - середні поперечні розміри елементів відповідно проміжної і робочої ВР, м.

Проміжна ВР розміщена в робочій ВР по гвинтовій і/або зигзагоподібній лінії.

Суміжні елементи проміжної ВР з'єднані між собою.

Елементи проміжної ВР виконані зосередженими в кожному елементі заряду, відстань між суміжними елементами проміжної ВР не перевищує 2/3 середнього поперечного розміру елемента робочої ВР, а середній діаметр проміжної ВР дорівнює:

$$d_{п\text{ ср}} = (0,06-0,39) d_{р\text{ ср}},$$

де $d_{п\text{ ср}}$ - середній діаметр елемента проміжної ВР, м; $d_{р\text{ ср}}$ - середній поперечний розмір елемента робочої ВР, м.

Елементи заряду містять різні за складом ВР.

Елементи проміжної ВР мають різні масу, форму і склад.

У суміжних елементах робочої ВР елементи проміжної ВР розміщені по черзі у вигляді зосереджених і протяжних елементів.

Геометричні форми елементів робочої і проміжної ВР мають подібну симетрію.

Робоча і проміжна ВР мають однаковий хімічний склад, але різні фізичні параметри.

Далі винахід пояснюється описом конкретного прикладу реалізації, який не обмежує цей винахід, у вигляді різноманітних схем формування заряду ВР відповідно до прикладених креслень, на яких зображені різні види формування зарядів.

На кожній фігурі креслення зображена вертикальна свердловина 1 і далі, при описі фігур, посилання на неї не приводяться.

На фіг. 1 зображений заряд ВР, що складається з кількох протяжних елементів 2, кожний з яких містить робочу ВР 3 і розміщену в ній проміжну ВР 4, обладнану зривником (на схемах не показаний), наприклад у вигляді добре відомих спеціалістам у цій області зривників різноманітних типів (хвильоводні з капсулем-детонатором, радіо і т.п.).

Надалі, при описі конструкцій зарядів ВР посилання на типи зривників 5 приводиться не будуть.

Проміжні ВР 4 розташовані на одній осі і виконані протяжними, причому в перерізі вони можуть мати різноманітну форму (коло, овал тощо).

На фіг. 2 зображений заряд ВР, аналогічний поданому на фіг. 1, у якому проміжні ВР 4 розміщені послідовно уздовж однієї осі.

Проміжні ВР 4 можуть бути розміщені на відстані між суміжними проміжними ВР 4, що не перевищують 2/3 середнього поперечного розміру елемента робочої ВР 3 при середньому поперечному розмірі проміжної ВР 4,

що дорівнює:

$$d_{п\text{ ср}} = (0,025-0,245)d_{р\text{ ср}}.$$

На фіг. 3 зображений заряд ВР, аналогічний поданому на фіг. 1, у якому проміжні ВР 4 розміщені зі зсувом щодо загальної осі (наприклад, у шаховому порядку).

На фіг. 4 зображений заряд ВР, у якому проміжні ВР 4 виконані площинними і розміщені поперек заряду ВР у кожному його елементі при співвідношенні поздовжніх розмірів робочої і проміжної ВР у діапазоні

$$20 < \frac{l_p}{l_{п}} < 50$$

де $l_p, l_{п}$ - довжина відповідно робочої і проміжної ВР, м, при різниці між поперечними розмірами робочої і проміжної ВР, що не перевищує 15%.

На фіг. 5 зображений заряд ВР, що складається з одного протяжного елемента робочої ВР, у якому проміжна ВР 4 розміщена по гвинтовій і/або зигзагоподібній лінії.

На фіг. 6 зображений заряд ВР, аналогічний поданому на фіг. 2, у якому суміжні елементи проміжного ВР 4 з'єднані між собою, наприклад, вогнепровідним шнуром.

На фіг. 7 зображений заряд ВР, у якому проміжні ВР 4 виконані зосередженими (наприклад, кулеподібними) у кожному елементі 2 заряду ВР, а відстані між суміжними проміжними ВР 4 не перевищують 2/3 середнього поперечного розміру елемента робочої ВР 3 при середньому діаметрі проміжної ВР 4, що дорівнює:

$$d_{п\text{ ср}} = (0,06-0,39)d_{р\text{ ср}},$$

де $d_{п\text{ ср}}$ - середній діаметр проміжної ВР 4, м; $d_{р\text{ ср}}$ - середній поперечний розмір елемента робочої ВР 3, м.

На фіг. 8 зображений заряд ВР, у суміжних елементах робочої ВР 3 проміжні ВР 4 розміщені по черзі у вигляді зосереджених і протяжних елементів.

На фіг. 9 зображений заряд ВР, у якому геометричні форми робочої 3 і проміжної 4 ВР мають подібну симетрію.

При здійсненні ініціювання заряду ВР у ньому виникає нестационарний перехідний детонаційний процес, який згодом стає стаціонарним, характерним для даної ВР у конкретних умовах підривання. Ділянку нестационарної детонації називають перехідною зоною, а його довжину - довжиною перехідної зони. Параметри нестационарної детонації ВР визначаються її властивостями, потужністю і геометричними розмірами ініціатора, а також умовами передачі ініціюючого імпульсу безпосередньо через ВР або через проміжне інертне середовище.

Довжина перехідної зони в робочій (пасивній) ВР залежить від інтенсивності його ініціювання проміжним (активним) ВР. Чим більша різниця у швидкостях детонації контактуючих пар ВР (робочої і проміжної), тим довша перехідна зона в робочій ВР.

Це забезпечує можливість форсування роботи заряду ВР і одержання вищої швидкості детонації робочої ВР і, як наслідок, вищого тиску продуктів вибухового перетворення на об'єкт впливу заряду ВР.

Експериментальні дані доводять можливість одержання позитивних технологічних ефектів при ініціюванні детонації ВР, що поширюється зі швидкістю, вищою за стаціонарну. Ці ефекти відчутно проявляються при розмірах зарядів порядку розмірів перехідних зон. Природно, що зміна ефективності роботи зарядів ВР визначається процесами, що протікають у перехідній зоні, а також її відносними розмірами в загальній масі заряду робочої ВР.

Доказ можливості реалізації цього винаходу базується на таких закономірностях.

Для заряду ВР, що піддається вибуховому перетворенню, характерно співвідношення

$$i = i_{п} + i_{р},$$

де i - сумарна густина імпульсу детонаційної хвилі в заряді робочої ВР; $i_{п}$ - густина імпульсу в хвилі, що генерується проміжною ВР; $i_{р}$ - густина імпульсу, обумовлена хімічним перетворенням робочої ВР. Відносна характеристика процесу детонації заряду ВР визначається таким співвідношенням:

$$R = \frac{i_{п} + i_{р}}{i_{р}}.$$

Для розуміння детонаційних процесів, що проходять у заряді ВР, введемо поняття показника R_i , який є кількісною оцінкою впливу ініціюючого імпульсу на режим детонації заряду, і іменується надалі коефіцієнтом режиму ініціювання заряду.

В міру віддалення від проміжної ВР її вплив різко знижується внаслідок загасання утвореної нею ударної хвилі і відносного зростання частки імпульсу, яка формується в результаті розкладання робочої ВР. Вплив проміжної ВР на процеси хімічного перетворення робочої ВР проявляється, в основному, в перехідній зоні.

Ознакою, що вказує на це, є вимушена, вища, ніж стаціонарна, швидкість детонації робочої ВР.

Ступінь впливу проміжної ВР на зовнішній ефект дії робочої ВР і заряду ВР у цілому в міру віддалення

його від проміжної ВР знижується, що унеможливорює використання показника R_i для порівняльної оцінки зовнішнього впливу робочої ВР у зонах, що прилягають до проміжної ВР.

Вибухове перетворення робочої ВР здійснюється, в основному, в нестационарному режимі, залежному від проміжної ВР, що визначає доцільність роботи заряду ВР або його основної частини в нестационарному режимі детонації.

При цьому проміжні ВР повинні розташовуватися в заряді ВР на відстанях, співмірних із розмірами перехідних зон суміжних проміжних ВР.

Оскільки функція коефіцієнта R_i режиму ініціювання заряду ВР змінюється за об'ємом заряду ВР, у якості

його оцінки при визначенні дії заряду ВР у цілому скористаємось середнім значенням

$$R_i = \frac{1}{V} \int_V Ru(v) dv,$$

де \sqrt{V} - об'єм, що заповнюється ВР.

Маса проміжної ВР обмежується "знизу" критичними параметрами детонації проміжної ВР, наприклад критичним діаметром.

"Зверху" максимальна маса проміжної ВР може обмежуватися економічними або технічними умовами.

У випадку цього винаходу прийнято, що зовнішній вплив заряду ВР визначається самим зарядом ВР і режимом його ініціювання, тобто не пов'язаний з прямим зовнішнім впливом самої проміжної ВР. Ця умова виконується з допустимою для практики точністю, коли загальна кількість руху продуктів детонації проміжної ВР на порядок менша, ніж робочої ВР.

$$\frac{M_n D_n}{P_n + 1} \leq 0,1 \frac{M_p D_p}{P_p + 1},$$

де M_n, M_p – маса, відповідно, проміжної і робочої ВР, кг; D_n, D_p – швидкість, детонації, відповідно, проміжної і робочої ВР, м/с; P_n, P_p – показник політропи відповідно, проміжної і робочої ВР.

При реальному співвідношенні показників P при $D_i > D_{ВР}$ ця умова надійно виконується при

$$M_n \leq 0,006 M_p.$$

Це обмеження відповідає верхній границі

$$\bar{R}_i \leq 0,5.$$

Для визначення раціонального діапазону зміни коефіцієнта режиму ініціювання R_i і закономірностей зовнішнього впливу заряду ВР залежно від його розміру були проведені експериментальні роботи.

Їх результати наведені на фіг. 10-13.

На фіг. 10 подані результати обмірювання глибини вм'ятин, утворених вертикальними циліндричними зарядами грамоніту 79/21, установленими на поверхню глиняної площадки.

Діаметр зарядів складав 0,115м, висота рівнялася 0,25; 1,5; 2,25 діаметра, маса заряду складала відповідно 0,8; 1,6; 2,4кг.

Заряди ініціювались стовпом пресованого тротилу діаметром 0,07м. Навіска тротилу змінювалася в діапазоні 0,02-1,6кг. Основні характеристики вибухових речовин у розрахунках прийняті такі: $\rho_n=1600\text{кг/м}^3$; $\rho_p=900\text{кг/м}^3$; $D_n=6800\text{м/с}$; $D_p=4000\text{м/с}$; $P_n=3$; $P_p=1,8$. На графіку позначені точки, що відповідають розрахунковим

значенням \bar{R}_i і обмірюванню глибини вм'ятини.

Глибина наведена у відносних одиницях. За одиницю прийняте значення, що відповідає максимуму в діапазоні $\bar{R}_i=0,1-0,5$.

У другій серії експериментів установлювалася залежність діаметра воронки викиду зарядів висотою 1,2м, розміщених свердловинах глибиною 2,5м і діаметром 0,22м; 0,32м. У них розміщувалися в рукавах із зазором і без рукавів заряди мокрого грамоніту 79/21, грануліту Т5 і сухого грануліту УП-1А. Маса зарядів на 1м свердловини змінювалася від 28 до 50кг. Кожна група зарядів, що характеризується типом ВР і масою, ініціювалася лінійними ініціаторами, що складаються з різноманітних ВР (еластит, ТЕН, амоніт № 6ЖВ) з навіскою на 1м, що змінюється в діапазоні від 0,086 до 1,033кг. У кожній групі максимальний діаметр воронки приймався рівним одиниці.

На фіг. 11 зображена залежність відносного діаметра воронки від значення \bar{R}_i різноманітних зарядів, розміщених у жорсткій оболонці (ВР у контакті зі стінкою свердловини або з водою в зазорі).

На фіг. 12 зображена залежність відносного діаметра воронки від значення \bar{R}_i для зарядів у свердловині з повітряним кільцевим зазором.

На фіг. 13 зображена гістограма розподілу максимального діаметра воронки викиду в групах зарядів при зміні \bar{R}_i .

З наведених залежностей (фіг.10-13) випливає, що в міру збільшення значення \bar{R}_i незалежно від маси ВР, типу заряду і, можливо, слабкої залежності типу ВР у реальному для практичного використання діапазоні $0,05 < R_i < 0,6$ зовнішній прояв дії заряду ВР (глибина воронки, діаметр воронки і т.д.) змінюється по складному закону (з двома максимальними значеннями на фіг.10).

Детальний опис природи даного явища потребує додаткових теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень.

Проте можливе таке пояснення.

Початкове зростання залежності пов'язане з недостатньою потужністю ініціювання і збільшенням об'єму робочої повноцінно реагуючої ВР у міру зростання потужності проміжної ВР. Зниження діаметра і глибини відбитка при накладних зарядах обумовлене зростаючим об'ємом робочої ВР, що реагує в умовах перестиснення детонації, при якій підвищується щільність реагуючої речовини і температура.

У результаті погіршення процесів дифузії, втрат енергії на розширення продуктів хімічного перетворення до початкової, а також високої температури хімічної реакції знижується загальне тепловиділення речовини.

Подальше зростання діаметра воронки викиду і глибини відбитка, можливо, пов'язане з виходом перестисненої детонації на поверхню заряду і дією на породу підвищеного тиску на фоні загального зниження

енерговиділення заряду. Додатково в зоні великих значень \bar{R}_i починає виявлятися вплив, як правило, більш потужної проміжної ВР. Перестиснення, що зростає, у середньому, по об'єму робочої ВР, обумовлює

подальший спад ефективності зовнішнього прояву заряду за контрольованими ознаками.

Порівняння залежностей діаметра воронки викиду, а також гістограма розподілу максимальних розмірів воронки при підриванні групи зарядів вказують на істотну різницю між процесами вибухового перетворення зарядів і ефективністю зовнішнього їх прояву при повітряній (у т.ч. повітряні зазори в свердловині) і жорсткій (вода, гірська порода і т.д.) оболонках заряду.

Максимальна ефективність зарядів у повітряній оболонці досягається при значеннях \bar{R}_i , в 1,5-1,8 рази вищих, ніж для зарядів у жорсткій оболонці. Пояснення цього ефекту може бути знайдене в результаті аналізу дії хвиль розвантаження при виході ініціюючої ударної хвилі на межу поділу ВР-повітря, з урахуванням часу затримки запалення робочої ВР, а також процесів, пов'язаних із трансформацією імпульсу вибуху заряду в гірську породу.

Оцінка ефективності дії способів ініціювання свердловинних зарядів ВР, що ґрунтується на наведених результатах експериментальних досліджень, вказує на більш високу руйнівну здатність зарядів із лінійним

ініціюванням при оптимальному значенні R_i (середній діаметр воронки при верхньому точковому ініціюванні (режим детонації заряду, близький до стаціонарного) дорівнює 0,83 діаметра воронки при лінійному ініціюванні).

З експериментальних даних випливає, що незалежно від форми заряду та умов підривання при розрахунку проміжної ВР слід обмежуватися лінійними значеннями $\bar{R}_i=0,075-0,080$. При менших значеннях \bar{R}_i спостерігаються сліди неповного і нестійкого хімічного перетворення ВР (розкид ВР, сажа на поверхні воронки, відсутність воронки викиду і т.д.).

Найменше експериментальне значення \bar{R}_i забезпечує встановлення мінімальної межі діапазону залежності маси проміжної ВР від маси заряду робочої ВР. Ця межа, характерна для сферичної симетрії, оцінена при $D_p=3000\text{м/с}$, $D_n=7000\text{м/с}$, $P_p=2,0$, $P_n=3,0$, $\rho_p=900\text{кг/м}^3$, $\rho_n=1600\text{кг/м}^3$, дорівнює $(2,5-3,0)$.

У результаті діапазон залежності маси ініціюючого заряду від маси заряду робочої вибухової речовини визначається такою залежністю:

$$M_n=(0,0003-0,05)M_p.$$

З урахуванням експериментальних даних маса проміжної ВР товщиною менше діаметра заряду ВР, розташованого в торці протяжного заряду ВР, протяжної проміжної ВР, розташованої уздовж протяжної робочої ВР і зосередженої проміжної ВР у сферичній робочій ВР обмежується відповідно до залежностей:

$$M_n = \frac{0,2 - 0,5 \frac{P_n + 1}{P_p} \frac{D_p}{D_n} M_p}{K_n K_y \frac{P_p + 1}{P_n} \frac{D_p}{D_n}} M_p,$$
$$M_n = \frac{(0,0006 - 0,09) \left(\frac{P_n + 1}{P_p} \frac{D_p}{D_n} \right)^2 \frac{\rho_p}{\rho_n} M_p}{K_y^2 K_n^2},$$
$$M_n = (0,004 - 0,2) \left(\frac{P_n + 1}{P_p} \frac{D_p}{D_n} \right)^3 \left(\frac{\rho_p}{\rho_n} \right)^2 M_p,$$

де M_n , M_p – маса, відповідно, проміжної і робочої ВР, кг; D_n , D_p – швидкість детонації, відповідно, проміжної і робочої ВР, м/с; P_n , P_p – показник політропи, відповідно, проміжної і робочої ВР; ρ_p , ρ_n – щільності, відповідно, робочої і проміжної вибухових речовин, кг/м³; K_y – коефіцієнт умов формування ініціюючого імпульсу; $K_n=0,5-1,0$; K_p – коефіцієнт передачі ініціюючого імпульсу у робочу вибухову речовину, $K_n=0,5-1,0$.

Наведені залежності в міру збільшення маси робочої ВР втрачають свою силу. При цьому зменшується і ступінь впливу маси проміжної ВР на показники вибуху. У зв'язку з цим при проектуванні зарядів ВР важливою є оцінка умовної границі, у межах якої заряд робочої ВР працює в режимі, що залежить від властивостей ініціюючого заряду. Таким чином, наведені залежності найтісніше пов'язані з результатами дії заряду, коли

$$M_{n \min} = (0,00025 - 0,0003) M_p,$$

де $M_{n \min}$ – мінімальна маса проміжної ВР, кг; M_p – маса робочої ВР, кг.

Слід зазначити, що мінімальна маса проміжної ВР при експериментальному визначенні її розмірів повинна розташовуватися співвісно з робочою ВР і бути геометрично подібною їй.

Таким чином, максимальна залежність дії робочої ВР від проміжної ВР спостерігається при масі робочої ВР, що визначається співвідношенням

$$M_p \leq (3500 - 4000) M_{n \min}.$$

У зазначених межах можна здійснювати порівняно точне управління дією робочої ВР і заряду ВР у цілому для досягнення його максимальної ефективності.

Значення геометричних параметрів зарядів ВР і їх обмеження встановлені розрахунковими шляхом. При цьому приймалися такі значення характеристик властивостей ВР: $D_p=3000\text{м/с}$, $D_n=7000\text{м/с}$, $P_p=1,5$, $P_n=3,1$, $\rho_p=900\text{кг/м}^3$, $\rho_n=1600\text{кг/м}^3$.

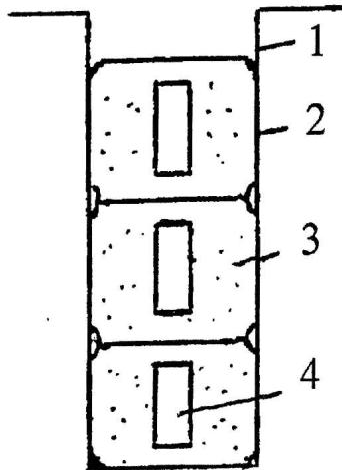
Максимальні розміри проміжних ВР установлювалися виходячи з рівності властивостей робочої і проміжної ВР. Встановлення допустимої різниці розмірів плоскої проміжної ВР у заряді ВР ґрунтується на критерії збереження площини фронту ініціюючої ударної хвилі в основній (90%) масі протяжного заряду ВР.

Таким чином, використання даного винаходу дозволяє створити заряд ВР шляхом установа співвідношення мас проміжної і робочої ВР у заданих межах, що забезпечує максимальне вивільнення енергії вибуху шляхом збудження в робочій ВР детонаційної хвилі необхідної густини імпульсу в найкоротший час і одержання нової якості вибуху, при якому весь заряд працює у форсованому режимі (перестисненій детонації) з максимальним, заздалегідь заданим ефектом вибуху залежно від функціональних задач кінцевого впливу вибуху на породу (руйнування, ущільнення, одержання воронки) і залежно від виду руйнованих порід, а також

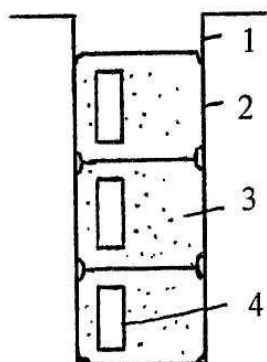
можливість одержання перерахованих переваг при використанні дешевих робочих ВР.

Література

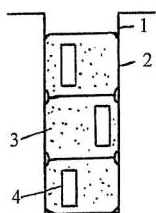
1. Кутузов Б.Н. Взрывные работы. - М.: Недра, 1974. - 368 с.
2. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах. Пер. с англ. под редакцией Г.П. Демидюка і Н.С. Бахаревиц. - М.: Недра, 1980. -453 с.
3. Поплавский В.А., Гржибовский В.В. Скорость детонации в переходной зоне заряда взрывчатого вещества и физика горения и взрыва. -1997, Т. 33-№5.-С. 118-121.
4. Пат. РФ 2060449, приоритет 21.04.94, опубликован 20.05.96, Бюл.№14.



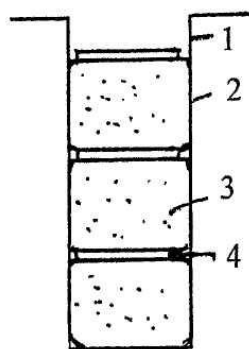
Фиг. 1



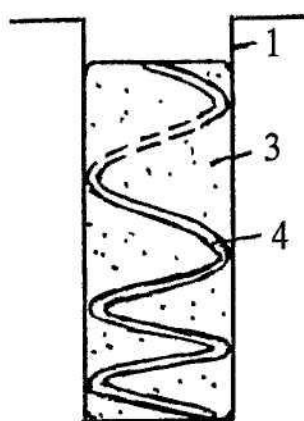
Фиг.2



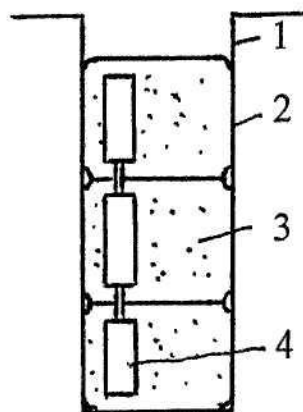
Фиг.3



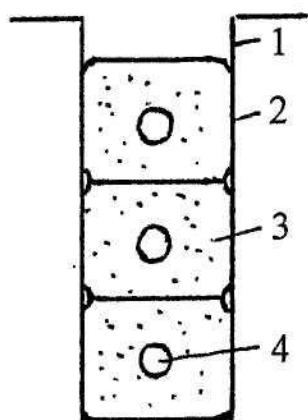
Фиг.4



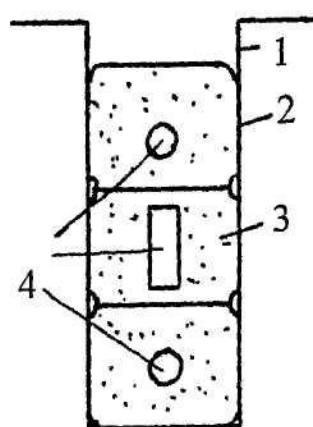
Фиг.5



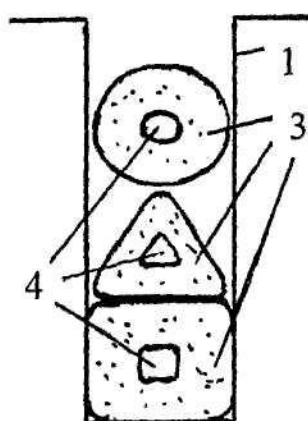
Фиг.6



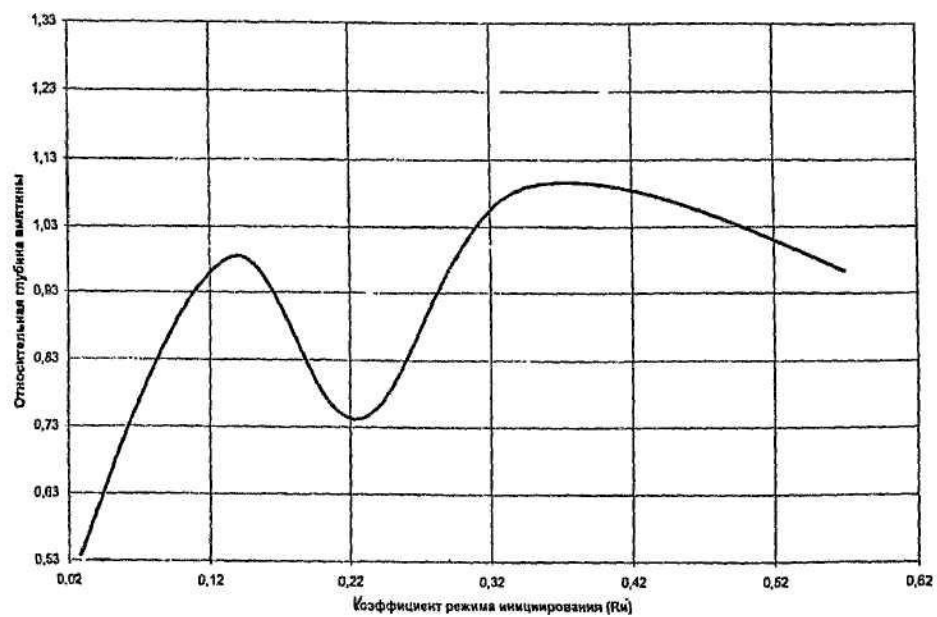
Фиг.7



Фиг.8

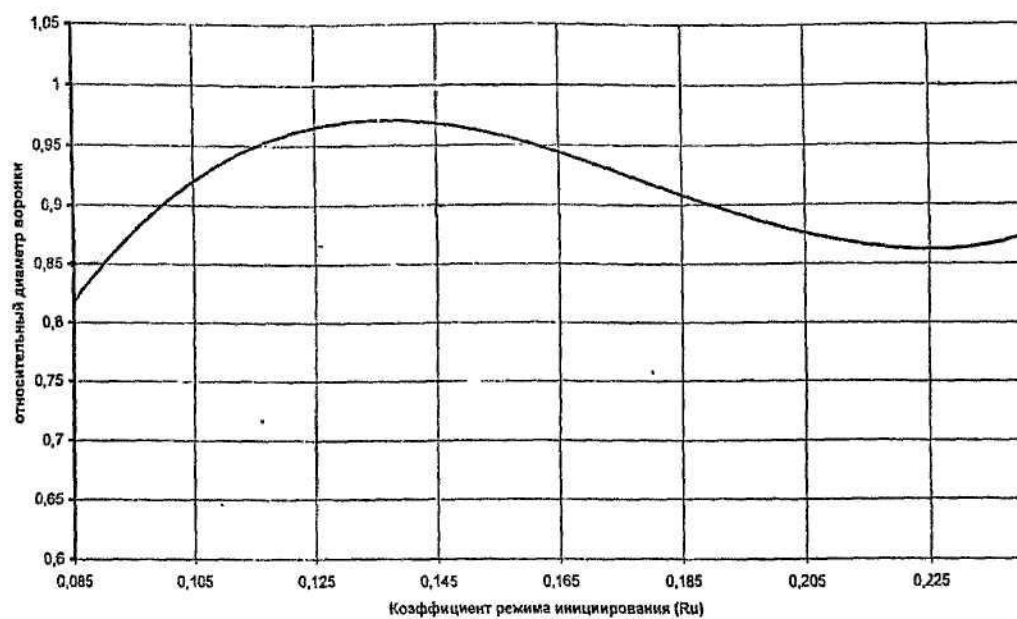


Фиг.9



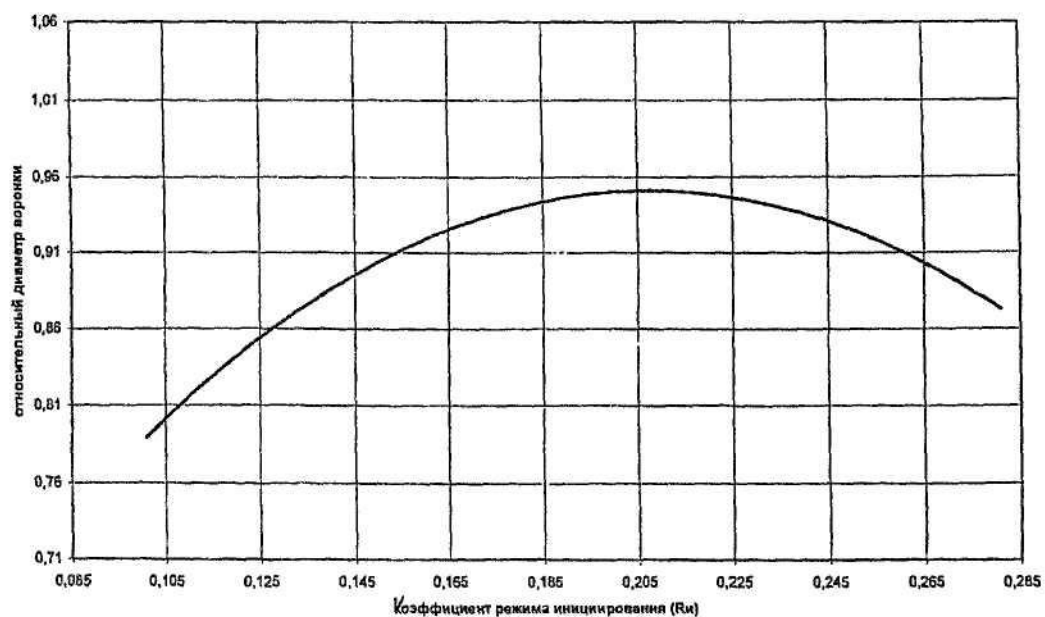
Фиг.10

с оболочкой



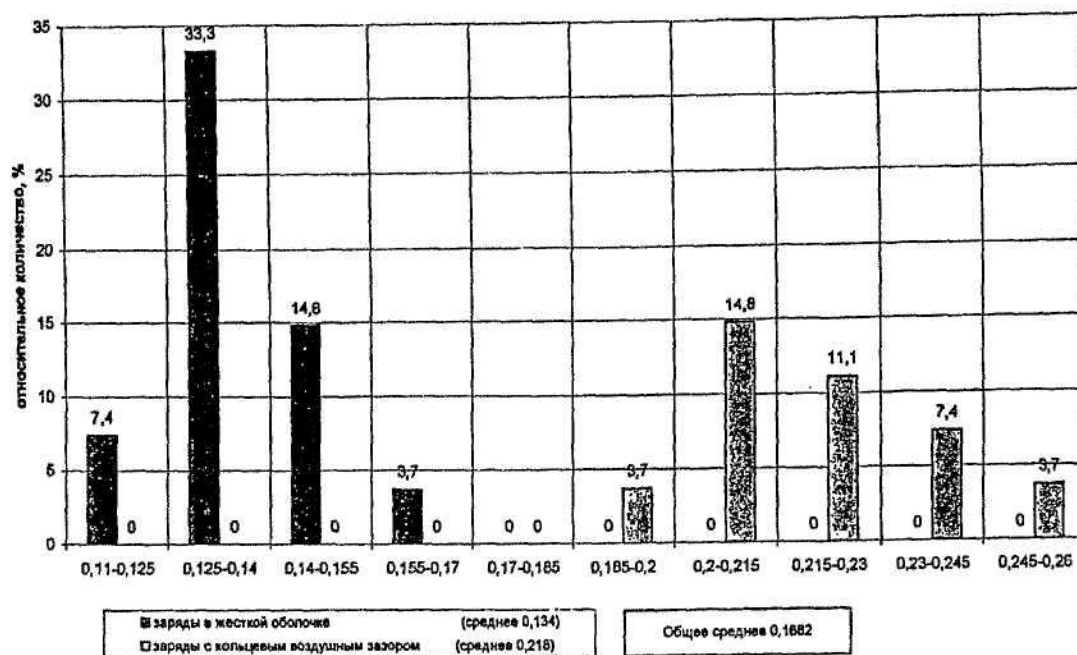
Фиг.11

без оболочки



Фиг.12

Распределение максимальных в группе зарядов диаметров воронок



Фиг.13