

В.Г. Кравець, д.т.н., проф.
В.В. Вапнічна, інж.

Національний технічний університет України «КПІ»

ФОРМУВАННЯ ВИБУХОВОЇ ВІЙМКИ ТА УЩІЛЬНЕНОЇ ЗОНИ В ҐРУНТІ В ПРИСУТНОСТІ ПЛАСТИЧНОГО ЕЛЕМЕНТА

Представлено дослідження закономірностей деформування ґрунтового масиву разом з армуючим пластичним елементом із закріплюючого або протифільтраційного матеріалу вибухом на викидання. Вивчено його вплив на розвиток вибухової виїмки та на формування водозахисного екрана.

Вступ. Одним із дієвих способів укріплення структурно нестійких ґрунтових масивів, які втрачають міцність і стійкість при будь-яких динамічних впливах (бурінні, вібраційному навантаженні, вибуху), є їх попередня обробка шляхом насичення масиву закріплюючими розчинами. Однак якщо йдеться саме про вибухові навантаження потужного шару ґрунтового масиву, то, зважаючи на великі об'єми робіт і значні глибини, така обробка економічно недоцільна і технічно не може бути забезпечена. В разі такого рішення, наприклад при спорудженні протифільтраційної завіси, завдання вирішується взагалі прямим втручанням в будову закріпленого масиву відомими механічними методами влаштування вертикального екрану типу "стіна в ґрунті", що не є темою даної роботи.

Основна частина. Щодо вибухової технології влаштування екрану [1], можливості попереднього створення умов для тимчасового закріплення нестійкого масиву, що піддається потужним динамічним навантаженням, позитивного впливу на процес утворення порожнини і формування ущільненої зони при реалізації вибухової технології в таких ґрунтах, полягають у:

– заповненні зарядної виробки після розміщення в свердловині подовженого заряду або гірлянди зосереджених зарядів певним об'ємом закріплюючого розчину, здатного забезпечити тимчасову стійкість стінок порожнини до її заповнення протифільтраційним рідким матеріалом;

– насиченні прилягаючого до заряду масиву закріплюючим розчином через мережу свердловин. Зважаючи на легкість і значний досвід буріння в нестійких ґрунтах під розчином, така технологія здатна бути конкурентноспроможною. Параметри розташування свердловин з розчином повинні узгоджуватись з структурою очікуваної зони деформацій, щоб максимально утримати її від пульсуючих рухів в шарах масиву, що прилягають до газової порожнини, і наступного руйнування із заповненням порожнини обваленим ґрунтом.

Така технологія покращення структурних зв'язків в деформованому вибухом масиві може виконувати додаткову позитивну функцію, оскільки на периферії протифільтраційної завіси після вибуху навколо центральної бойової свердловини формується допоміжний шар закріпленого ґрунту, якому також надається певна водонепроникність. Більш того, таке розташування закріплюючого матеріалу за межами зарядної порожнини може самостійно виконати утворення протифільтраційної завіси, якщо забезпечити достатню густоту розташування допоміжних свердловин і достатню кількість введеного в зону дії вибуху закріплюючого матеріалу, що за консистенцією і складом забезпечить механічну та протифільтраційну стійкість деформованої вибухом зони.

Ефективність попереднього введення в зону дії вибуху кольматуючого розчину попередньо перевірялась за спрощеною схемою при вибуху заряду викидання з метою отримання в піщаному та супіщаному ґрунті виїмок із стійкими бортами і формування суцільного протифільтраційного екрану по периметру каналу. Отже дослідження мали за мету встановлення раціональних параметрів зарядів викидання подвійного призначення – досягнення максимуму викидання ґрунту при одночасному раціональному розосередженні матеріалу екрану в масиві під зарядом.

В першій серії дослідів визначались оптимальні параметри подовжених зарядів викидання в двох типах ґрунтів. Техніка дослідів передбачала укладання подовженого заряду похило до горизонту. Заряд у траншеї укладався таким чином, щоб один з його торців знаходився біля поверхні, а інший – на глибині $0,8\sqrt{C_{\text{П}}}$, де $C_{\text{П}}$ – лінійна маса 1 м заряду, тобто якщо маса заряду складала 1,0 кг/м, максимальна глибина закладання торця дорівнювала 0,8 м. Довжина заряду при куті ухилу $\alpha \cong 20^\circ$ складала 2,0 м. Після вибуху виконувались вимірювання параметрів виїмки по її осі через 20 см.

В експериментах другої серії з одночасним розташуванням подовженого елемента закріплюючого складу – глинистого розчину останній укладався під горизонтальним зарядом таким чином, щоб відстань між зарядом і елементом змінювалась від 0 до 40 см.

В третій серії при визначенні оптимальної глибини закладання заряду в ґрунт і раціонального розподілу закріплюючого розчину в масиві похилий заряд закладався на глибину від 0 до 80 см.

Паралельно зарядові укладався елемент на відстані, визначеній оптимізацією за даними другої серії дослідів.

В експериментах до екрана виставлялась вимога неперервності по всьому периметру виїмки з дотриманням його товщини. Кінцева оцінка якості екранів виконувалась за їх лінійними розмірами, співвідношенням між цими розмірами і площею поперечного перерізу.

Суттєвий вплив на рівномірність геометрії екрану в перерізі по периметру виїмки має консистенція матеріалу. Досліди з матеріалом різної консистенції показали, що найбільш сприятливі умови для формування екрану в піску природної вологості створюються при консистенції, близькій до пластичної. Таким матеріалом є глинистий або глиноцементний розчин. Наявність пластичного прошарку під зарядом суттєво змінює умови деформування піщаного масиву в ближній зоні дії вибуху на стадії утворення вибухом порожнини. Характер деформування масиву з пластичним елементом значною мірою визначається матеріалом екрана (рис. 1).

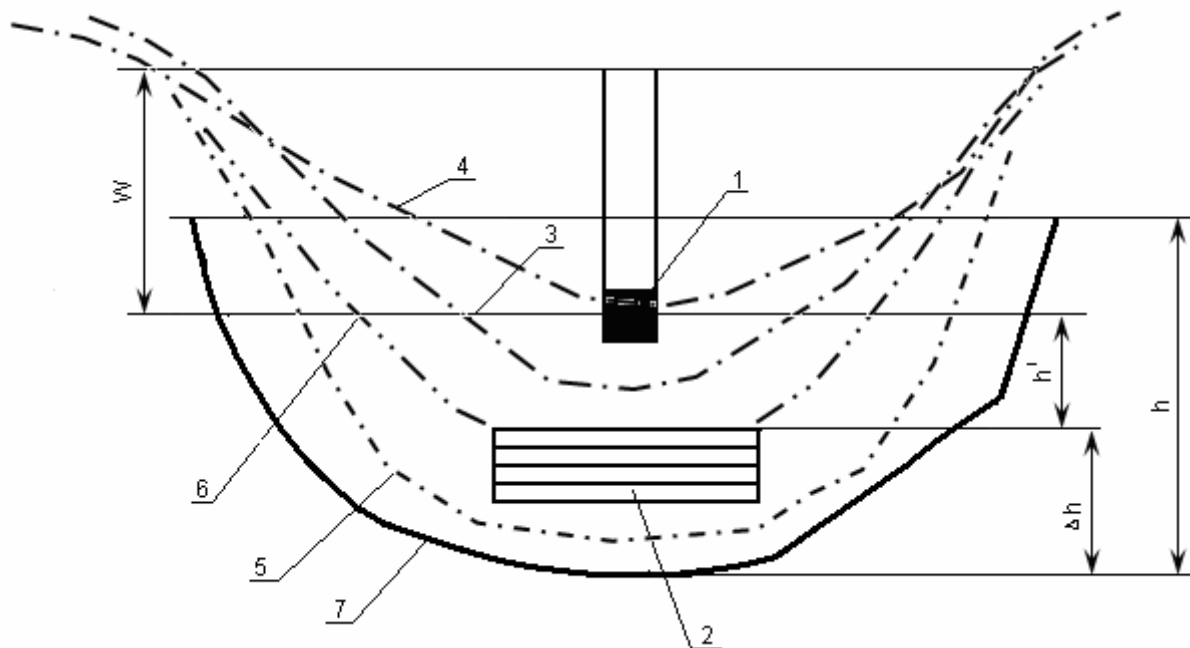


Рис. 1. Схема розташування подовженого заряду, матеріалу екрана і параметрів виїмки: 1 – заряд; 2 – матеріал заряду; 3, 4 – відповідно профілі ложка виїмки при вибуху з екраном і без нього; 5, 6 – відповідно контури вибухової порожнини при вибуху з екраном і без нього; 7 – переріз екрана

З рис. 1 видно, що у варіанті з пластичним екраном спостерігається загальне пониження дна виїмки (порівняймо криві 5 і 6). За формою екран повторює конфігурацію вибухової порожнини, а її діаметр зростає. Це впевнено свідчить про ефективність пластичного матеріалу в екрані як визначального фактора, що стримує пульсаційні процеси в зоні деформацій і фіксує положення обрисів виїмки в момент, близький до стадії максимального розширення газової порожнини.

Проаналізуємо деякі результати обробки експериментальних даних (рис. 2–3), що відображають основні закономірності у співвідношеннях параметрів закладання заряду і екрануючого елемента з параметрами отриманого екрана. На рис. 1 наведено схему розташування основних елементів досліджуваної системи та її параметри – ширину екрана b , глибину закладання заряду W , величину проміжку між зарядом і пластичним елементом h' , товщину екрана h , зміщення пластичного елемента при вибуху Δh .

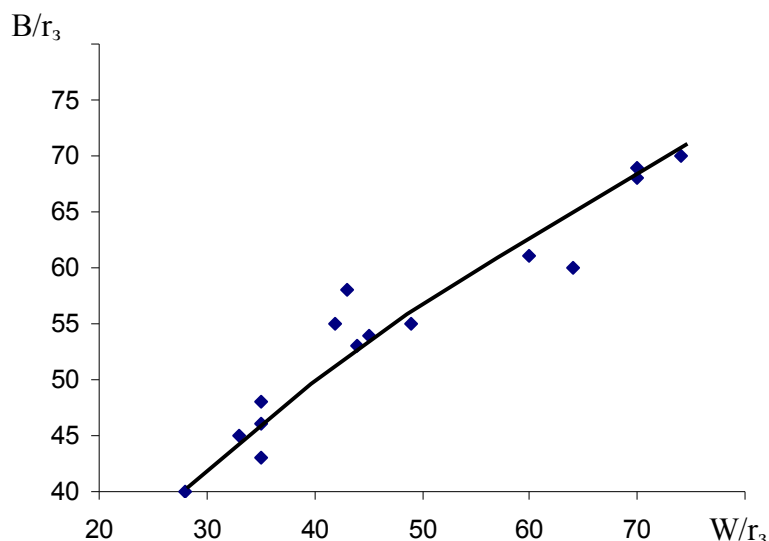


Рис. 2. Залежність приведених значень ширини екрана від глибини закладання заряду

Серія експериментів охоплювала визначення взаємної залежності лише двох параметрів при постійному значенні інших. Встановлено, що задовільна рівномірність товщини екрана по периметру з набуттям екраном кривизни порожнини спостерігається при вологості кольматуючого розчину в межах 30–50 %. При меншій вологості основна маса матеріалу екрана концентрується в місці його закладання.

Досліджувані величини параметрів системи, що складається з масиву, заряду та пластичного елемента, для узагальнення даних експериментів наводяться у відносних величинах.

Залежність ширини екрана b/r_3 від глибини закладання заряду (рис. 2) у приведенні до радіуса заряду має в межах найбільш вірогідних глибин закладання ($W/r_3 = 40 - 70$) характер, близький до прямолінійного, який можна виразити залежністю:

$$b = 40 r_3 + 0,545 W. \quad (1)$$

Зрозуміло, що наведена залежність правдива лише у вказаному діапазоні W/r_3 . Якщо ж взяти до уваги її загальний експоненційний характер з виположуванням кривої із зростанням W/r_3 , максимальне значення b/r_3 буде досягнуто при камуфлетній глибині закладання заряду, тобто виїмки у масиві фактично не буде отримано. Навпаки, якщо заряд закладено на невелику глибину ($W/r_3 \leq 40$), через значні втрати енергії вибуху на посилене викидання значно менша її частина витратиться на деформаційні процеси, тобто екран буде незначної ширини.

Таким чином, ширина екрана постійно зростає із зростанням глибини закладання заряду. Залежність між цими двома параметрами не дає відповіді на запитання оптимізації параметрів системи “масив–заряд–екран”. Залежність b/r_3 від приведеної величини ґрунтового проміжку між зарядом і пластичним елементом наводиться на рис. 3. Максимальна ширина екрана згідно з отриманими залежностями (крива 1) досягається при $h = 8,75r_3$. При більших значеннях h ширина екрана зменшується. Величини b , що можуть задовольнити практику, знаходяться в межах $h = (5 \div 14)r_3$.

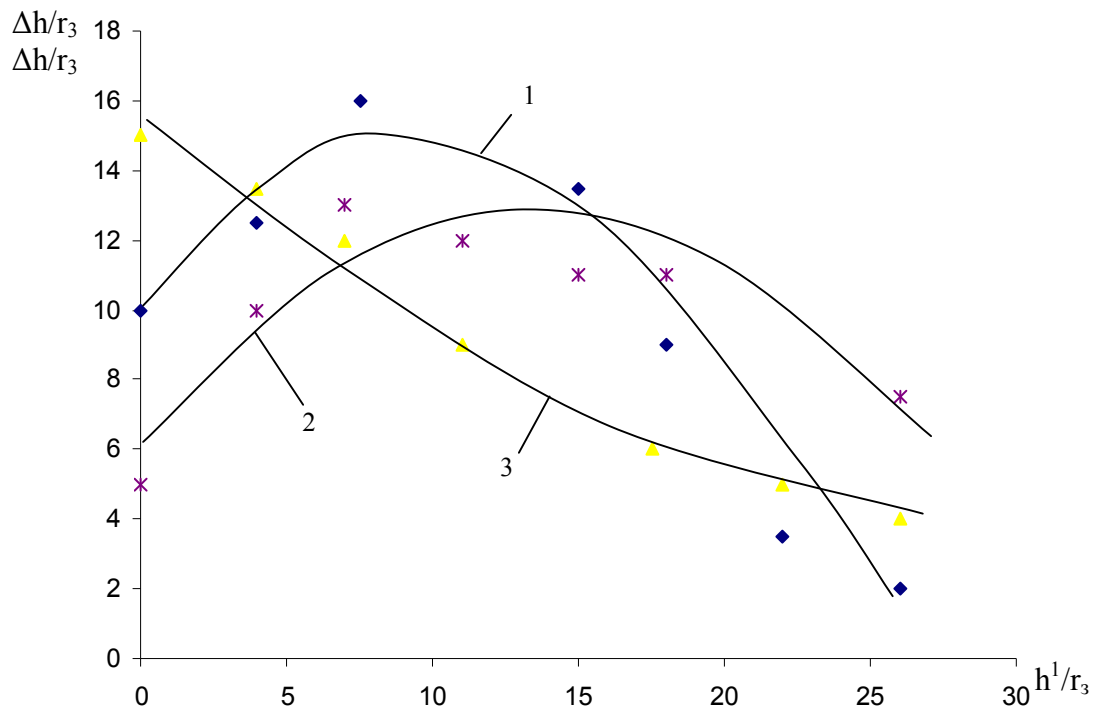


Рис. 3. Залежність приведених ширини (1), висоти (2) екрана, відстань просадки в'яжучого (3) від приведеної відстані між зарядом і в'яжучим

На рис. 3 крива 2 виражає залежність між висотою екрана h після вибуху та відстанню пластичного елемента від заряду h^1 . Із збільшенням товщини ґрунтового проміжку між елементом і зарядом h^1 відбувається зростання висоти екрана h при досягненні значення h^1 максимально до $14 r_3$. Величина екстремального значення h^1/r_3 повинна залежати від співвідношення мас заряду і матеріалу екрана, розташованого під зарядом, однак характер цієї залежності зберігається – з подальшим зростанням відстані між зарядом і пластичним елементом ефективність вибуху спадає.

Крива 3 на рис. 3 ілюструє залежність величини переміщення пластичного елемента Δh під дією вибуху від вихідної відстані між зарядом та елементом. Оскільки ця залежність не має екстремуму, тобто величина переміщення експоненційно зменшується при збільшенні відстані між зарядом та елементом, вибір оптимальної відстані h^1 орієнтується на екстремуми кривих 1 і 2 на рис. 3. Тобто, якщо потрібно досягти максимальної ширини екрана, слід прийняти $h^1 = (7 \div 8)r_3$. Для отримання максимальної висоти екрана слід прийняти $h^1 = (13 \div 17)r_3$. Нарешті, якщо узгодити розвиток геометрії екрана, тобто його ширини і висоти, раціональна глибина закладання пластичного елемента відносно заряду складе $h^1 = (10 \div 12)r_3$.

Висновки. Аналізуючи всі досліджені залежності, можна дійти висновку, що існує інтервал зміни величини ґрунтового проміжка, в якому потрібно призначати раціональні параметри всієї системи, що включає параметр закладання заряду, параметри закладання пластичного елемента, параметри екрана.

Встановлено, що за умови досягнення максимальних параметрів екрана раціонально обрати за базову величину $h^1 = 10r_3$, при цьому переміщення пластичного елемента відносно заряду складе $\Delta h = 9r_3$, а глибина закладання заряду $W = (40 \div 50)r_3$.

При одночасному виконанні двох завдань – спорудженні виїмки вибухом на викидання і отриманні екрана в оточуючому масиві можна рекомендувати до цих параметрів додати показник дії вибуху $n = 2$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Филахтов А.А.* Опыт возведения сооружений методом «стена в грунте». – К.: Будівельник, 1981. – 135 с.
2. *Кравец В.Г., Лучко И.А., Михалюк А.В.* Использование энергии взрыва в мелиоративном строительстве. – М.: Недра, 1987. – 208 с.
3. *Кравец В.Г., Вапнічна В.В.* Технологічні параметри вибухового обвалення при створенні вибухом споруд типу «стіна в ґрунті»// Вісник НТУУ «КПІ» / Гірництво. – К.: НТУУ «КПІ», 2002. – Вип. 7. – С. 95–98.

КРАВЕЦЬ Віктор Георгійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геобудівництва та гірничих технологій Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- вибухові роботи;
- гірництво;
- геобудівництво.

ВАПНІЧНА Вікторія Вікторівна – аспірант кафедри геобудівництва та гірничих технологій Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- вибухові роботи.

Подано 18.09.2007