

### ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ФОРМУВАННІ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ЕКРАНА В СТРУКТУРНО НЕСТІЙКИХ ҐРУНТАХ

*Вивчено особливості розвитку деформаційних процесів при вибуху системи лінійних зарядів у масиві ґрунту з нестійкими структурними зв'язками. Розглянуто технологічні аспекти використання пластичних включень як елементів протифільтраційного екрана.*

**Постановка проблеми.** Згідно з відомими дослідженнями дії вибуху в ґрунтах з розвиненими структурними зв'язками, які не втрачаються в процесі деформування, область об'ємних деформацій у зоні впливу вибуху складається практично з двох зон [1].

Об'ємні деформації в першій зоні (рис. 1) досягають максимуму, який визначається, в першу чергу, пористістю ґрунту і частковим випаровуванням та переміщенням порової вологи відносно мінерального скелета під впливом потужних стиснутих напружень і значних пластичних деформацій. Інтенсивність ущільнення ґрунту в цій зоні практично утримується на одному рівні, оскільки можливість її зростання стримується високою міцністю на всебічне стиснення мінеральної фази ґрунту. Слід зазначити, що загальна щільність масиву в цій зоні нижча від фізично можливої. Це пояснюється утворенням на стадії розширення газової порожнини системи радіальних тріщин у прилеглому до неї ґрунті, що зазнає дії високого тиску і температури.

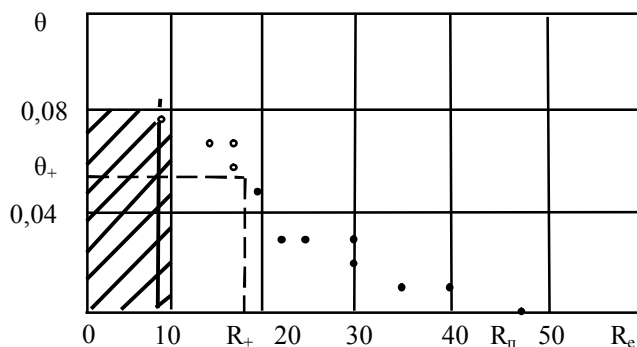


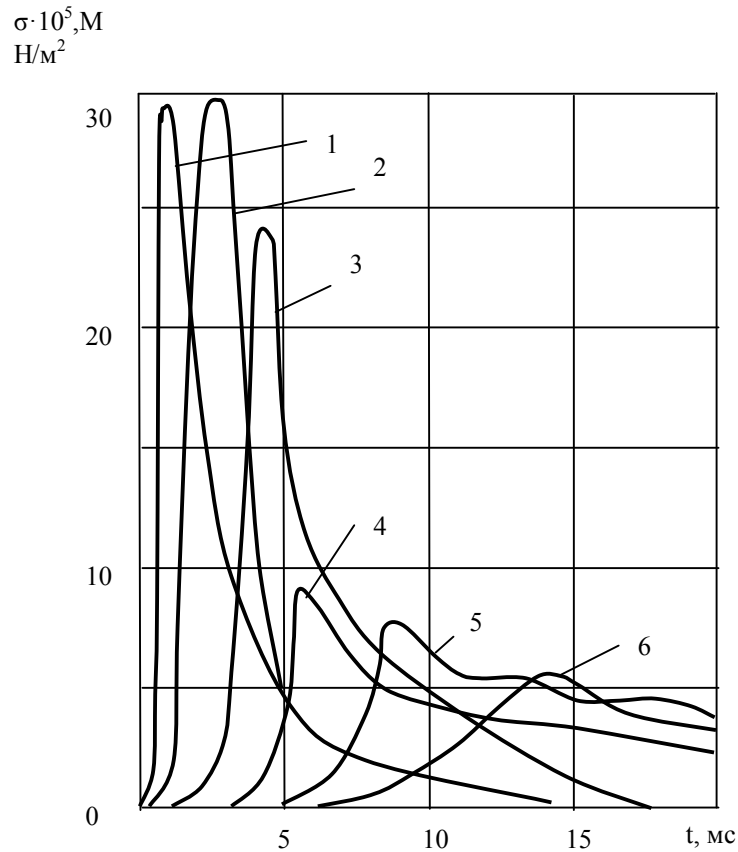
Рис. 1. Схема розподілення залишкових деформацій

У водонасичених ґрунтах із більш нестійкими структурними зв'язками – формування зони залишкових деформацій є складнішим процесом.

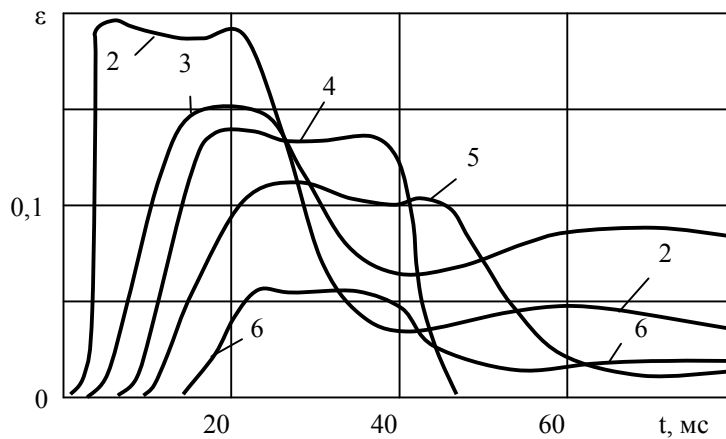
Якщо до вибуху ґрунт мав нестійку структуру, у зоні зниженої щільності відбувається його обвалення або осипання, тобто має місце руйнування на рівні частинок ґрунту. Якщо ж ґрунт до вибуху мав достатньо стійкі структурні зв'язки, пониження щільності в згаданій зоні відбудеться шляхом утворення тангенціальних тріщин відриву.

Вивчення динаміки формування вибухової порожнини та розробка технологічних елементів комбінованого способу спорудження вертикальної водонепроникної завіси в нестійкому ґрунті є актуальною науковою та практичною задачею.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Динаміка розвитку поля напружень і деформацій у лесовому масиві [2] показала, що момент початку його зворотного руху в прилеглий до вибухової порожнини області співпадає з моментом відриву хвостової частини хвилі напружень від поверхні порожнини. Порівнюючи наведені на рисунках 2, а та б епюри, що відображають стан поля напружень і деформацій у фіксовані моменти часу в мілісекундах, бачимо, що момент початку відриву хвилі напружень від вибухової порожнини становить близько 20 мс. Саме тоді, згідно з рисунком 2, б, рівень деформацій прилегло до порожнини масиву починає понижуватись (позиція 4), що свідчить про виникнення в цій зоні зворотних рухів ґрунту, тобто хвилі розвантаження.



a)



б)

Рис. 2. Етюри хвиль напружень (а) і деформацій (б) при вибуху плоского горизонтального заряду в лесоному масиві на відстані від площини заряду: 1 – 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 60; 6 – 80 см

Якщо деформований масив під час вибуху повітряносухий, а ґрунт має не відновлювані структурні зв'язки, властиві, наприклад, піскам, лесам і лесоподібним суглинкам, процес розвантаження деформованого масиву закінчується обрушенням прилеглої частини ущільненої зони в нижню частину порожнини. Це призводить до різкого збільшення її діаметра і відповідно до завершення пульсаційного процесу. Подібний механізм динамічного деформування властивий також для водонасичених ґрунтів з слабкими структурними зв'язками.

**Метою роботи** є встановлення особливостей розвитку деформаційних процесів при вибуху системи лінійних зарядів у масиві ґрунту з нестійкими структурними зв'язками.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Принципово пульсаційний механізм деформування структурно нестійкого ґрунтового масиву не відрізняється від послідовності деформування скельного породного масиву, описаний в [3], також має місце в ґрунтах із стійкими структурними зв'язками, однак наслідки пульсаційного процесу менш виразні і лише проявляються у вигляді системи колових тріщин відриву поблизу вогнища вибуху.

Експериментально для двох типів ґрунтів встановлено залежності діаметра порожнин  $d_{II}$  від лінійної маси заряду  $C_{II}$ . Маючи на увазі, що в загальному вигляді ця залежність набуває криволінійної форми, при певному значенні лінійної маси заряду вона виположується, досягаючи максимуму. Однак в обмеженому діапазоні  $0 \leq \sqrt{C_{II}} \leq 1,4$  на зростаючій гілці залежності  $d_{II}(\sqrt{C_{II}})$ , де ще слабо впливає масштабний ефект, вона для досліджених ґрунтів може бути апроксимована прямими лініями (рис. 3).

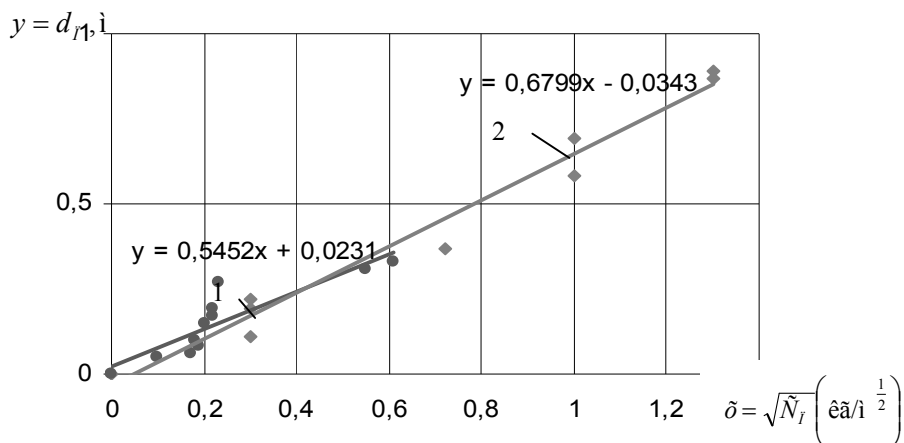


Рис. 3. Залежність діаметра порожнини від маси заряду для легкого суглинку (1) і піщаного ґрунту (2)

Відповідно для легкого суглинку вологістю 7–15 %:

$$d_{II} = 0,66\sqrt{C_{II}}, \quad (1)$$

для піщаного ґрунту вологістю 5–12 %:

$$d_{II} = 0,61\sqrt{C_{II}}. \quad (2)$$

При подальшому вивченні механізму формування порожнини в камуфлетному режимі [4] доцільно не лише звернути увагу на наведені вище залежності, але й врахувати особливості механізму і залишкову картину розподілу деформацій ґрунту не лише при дії поодинокого заряду, а й під дією двох суміжних зарядів. Це потрібно, наприклад, в технології утворення вибухом системи зарядів суцільної монощілини, яка має різне технологічне призначення, наприклад, для формування протифільтраційної завіси [5].

Слід враховувати, що деформований стан ґрунтового масиву суттєво пов'язаний з відстанню між зарядами. При достатньо малих відстанях між зарядами утворюється суцільна щільна за рахунок злиття суміжних порожнин у системі.

В цьому випадку для довгострокового збереження самої монощілини і оточуючої ущільненої зони необхідно отриману виробку заповнити відповідно підібраним матеріалом. Протифільтраційні властивості такої інженерної споруди визначатимуться властивостями наповнювача, а також наявністю прилеглої до виробки області максимального ущільнення. Присутність зони пониженої щільності, утвореної внаслідок пульсації, в цьому випадку не позначиться на ефективності такого комбінованого екрана. При збільшенні проміжку між зарядами поле деформацій поширюється не лише на зону поза межами площини зарядів, а й на масив між суміжними зарядами.

Техніка спорудження екрана в цьому випадку потребує більшої уваги до структури деформованої зони, оскільки взаємодія зустрічних ударних хвиль у площині двох суміжних зарядів при певній відстані між ними призведе до формування зони розущільнення між зарядами.

Принцип побудови прилеглої до системи зарядів протифільтраційного шару не передбачає строї рівномірності його розташування в плані, але залишається головною вимогою до цього шару – безперервність екрана. За наявності розривів поля деформацій різного типу – поздовжніх і поперечних відносно площини зарядів, а також при відстанях між суміжними зарядами в ряду, що перевищують оптимальні,

можна припустити появу ослаблених ділянок екрана, які потребуватимуть особливої уваги. Навіть, якщо виповнити кожен порожнину в системі протифільтраційним матеріалом, можливі розриви в системі екрана через розуцільнення між зарядами, утворені пульсуючими рухами масиву і порожнини при взаємодії ударних фронтів і хвиль деформацій [5, 6].

Варіант виконання робіт за наведеною схемою формування водонепроникного екрана в структурно нестійкому ґрунті може виконуватись у такій послідовності:

- розмітка і буріння свердловин під заряди;
- буріння свердловин діаметром 200 мм і розміщення в них пластичного елемента;
- заряджання бойових свердловин і заповнення простору між зарядами і стінками свердловини структуруючим розчином;
- комутація підривної мережі і підривання;
- повторне заповнення утворених вибухом порожнин структуруючим розчином.

**Висновок.** При плануванні технологічної схеми спорудження екрана шляхом розміщення в прогнозованому місці виникнення зони розуцільнення включення пластичного водостійкого матеріалу, який під час вибуху системи зарядів деформується, перетворюючись на елемент протифільтраційної споруди. Отримані співвідношення в системі зарядів і пластичних включень дозволяють призначити оптимальні параметри їх взаємного розташування. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розширення діапазону ґрунтових умов, а також впливу масштабного фактора.

#### Список використаної літератури:

1. *Кравець В.Г.* Динамика уплотнения грунтового массива взрывом / *В.Г. Кравець*. – К. : Наук. думка, 1979. – 134 с.
2. Геодинамика взрыва и ее приложение / *А.А. Вовк, В.Г. Кравець, И.А. Лучко и др.* – К. : Наук. думка, 1981. – 296 с.
3. *Сизов И.А.* О поведении среды в зоне разрушения при камуфлетном взрыве / *И.А. Сизов, А.А. Сивак, В.М. Цветков* // Взрыв. дело. – 1976. – № 76/33. – С. 58–66.
4. *Кравець В.Г.* Закономірності формування вертикальної порожнини в стисливому ґрунті вибухом / *В.Г. Кравець, В.В. Вапнічна, А.Б. Соколовська* // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія “Гірничо-геологічна”. – 2004. – № 72. – С. 83–88.
5. Формування протифільтраційного екрана вибухом системи зарядів в структурно нестійких ґрунтах / *В.Г. Кравець, В.В. Вапнічна, А.Б. Соколовська та ін.* // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія “Гірництво”. – 2008. – Вип. 16. – С. 61–67.
6. *Кравець В.Г.* Деформаційні процеси в структурно нестійкому ґрунті під дією системи лінійних зарядів / *В.Г. Кравець, В.В. Вапнічна, О.В. Шепітчак* // Вісник Криворізького технічного університету : зб. наук. пр. – 2008. – Вип. 20. – С. 233–236.

ВАПНІЧНА Вікторія Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри геобудівництва та гірничих технологій Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- буровибухові роботи.

Тел.: (044)454–91–77.

E-mail: [viktoria0203@yandex.ru](mailto:viktoria0203@yandex.ru)

Стаття надійшла до редакції 25.10.2012

