

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

**CHEMICAL TECHNOLOGY:
SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Фармак



ISSN 2786-4898

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Шосткинський інститут Сумського державного університету
Центральний науково-дослідний інститут
озброєння та військової техніки збройних сил України
Публічне акціонерне товариство «Фармак»
Управління освіти Шосткинської міської ради
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

of the 6th International Research and Practical Conference

CHEMICAL TECHNOLOGY: SCIENCE, ECONOMY AND PRODUCTION



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

VI Міжнародної науково-практичної конференції
**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ:
НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

(м. Шостка, 23-25 листопада 2022 року)



Суми

Сумський Державний Університет

2022

УДК 66.01

Редакційна колегія:

Головний редактор Закусило Р.В., доцент кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н., доцент.

Заступник головного редактора Павленко О.В., ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.т.н.

Відповідальний секретар Скуба Ю.Г. фахівець кафедри економіки та управління Шосткинського інституту Сумського державного університету

Члени редакційної колегії:

Лукашов В.К. – професор кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, д.т.н., професор;

Тур О.М. – завідувач кафедри економіки та управління, к.е.н.;

Худолей Г.М. – завідувач кафедри системотехніки і інформаційних технологій, к.т.н.;

Бондар Н.Ю. – доцент кафедри економіки та управління, к.філ.н.;

Тимофіїв С.В. – ст. викладач кафедри хімічної технології високомолекулярних сполук, к.х.н.

Збірник наукових праць VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», м. Шостка, 23 - 25 листопада 2022 року. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 267 с.

ISSN 2786-4898.

Збірник містить наукові праці учасників VI Міжнародної науково-практичної конференції «Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво», що складаються з узагальнених матеріалів науково-дослідних робіт науковців різних галузей виробництв та наукових закладів України.

У збірнику висвітлюються актуальні питання спеціальної хімічної технології і виробництва боєприпасів, утилізації відходів виробництв різних галузей, енергозбереження, моделювання технологічних процесів, соціально-економічні аспекти виробництва та природокористування в умовах війни.

Збірник корисний робітникам хімічної промисловості, науковим співробітникам, аспірантам і студентам спеціальностей хіміко-технологічного та соціально-економічного профілів, фахівцям інформаційних технологій виробництва.

Наукові праці учасників конференції подаються в авторській редакції.

© Шосткинський інститут
Сумського державного університету, 2022
© Сумський державний університет, 2022

**СПЕЦИФІЧНІ ДЕФОРМАЦІЙНІ ЯВИЩА В ПРИКЛАДНІЙ
ГЕОДИНАМІЦІ ВИБУХУ**

В.Г.Кравець¹, Р.В.Закусило², В.В.Вапнічна¹, Л.В.Шайдецька¹

**SPECIFIC DEFORMATION PHENOMENA IN APPLIED GEODYNAMICS
OF EXPLOSION**

V.Kravets¹, R.Zakusylo², V.Vapnichna¹, L.Shajdecka¹

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ, Україна

² Шосткинський інститут Сумського державного університету, Шостка, Україна
r.zakusylo@ishostka.sumdu.edu.ua

Анотація

Встановлено послідовність і особливості формування ущільненої зони в структурно нестійкому ґрунті під дією вибуху заряду камуфлету. Експериментально вивчено вплив пульсаційних явищ в газовій порожнині на динаміку розвитку деформованої зони і її кінцеві параметри, встановлено неоднозначний характер переміщень деформованих шарів ґрунту в зоні впливу вибуху. Розглянуто досвід і можливості технологічного використання спостережених явищ в геоінженерії.

Ключові слова: заряд камуфлету, деформування, перерозподіл компонентів, реологічні явища, аномальні процеси, газова порожнина, пульсація, консолідація, тангенціальні тріщини, геотехнології.

Summary

The sequence and peculiarities of formation of the compacted zone in structurally unstable soil under the influence of the explosion of the camouflete charge are established. The influence of the pulsation phenomena in the gas cavity on the dynamics of the deformed zone and its final parameters was experimentally studied, the ambiguous nature of the movements of deformed soil layers in the zone of the explosion was established. The experience and possibilities of technological use of the observed phenomena in geoen지니어ing are considered.

Key words: camouflete charge, deformation, redistribution of components, rheological phenomena, anomalous processes, gas cavity, pulsation, consolidation, tangential cracks, geotechnology.

Вступ. Рішення задач технічного прогресу в гірництві, будівельній галузі, геоінженерії, при виконанні робіт спеціального призначення в значній мірі базується на застосуванні енергії вибуху з метою відділення великих мас чи окремих блоків від масиву, руйнування гірських порід для подальшої переробки відбитої гірської маси, виконанні масових земляних робіт в шляховому, меліоративному, гідротехнічному будівництві, ущільнення структурно нестійких ґрунтів для покращення їх носійної здатності в будівництві чи для надання їм підвищених протифільтраційних властивостей, для утворення в стисливіх ґрунтах камуфлетних порожнин різного призначення та ін. Удосконалення перелічених вибухових технологій і розробка нових потребує адекватного прогнозування зміни фізико-механічних і гідродинамічних властивостей ґрунтів і відповідного кінцевого механічного ефекту в деформованому вибухом середовищі.

Деформаційні явища в ґрунтовому масиві під дією вибухових навантажень.

Дослідження характеру деформування ґрунтового масиву вибухом заряду камуфлетної дії свідчать про певну послідовність взаємодії силового поля з масивом в процесі проходження хвилі напружень [1,3,4,8]. Початкова стадія дії вибухової хвилі характеризується надзвичайно високим стрибком параметрів стану середовища (тиску, щільності і температури) поблизу джерела вибуху і планомірним зниженням інтенсивності хвилі з віддаленням від джерела. Переважна більшість теоретичних досліджень напружено - деформованого стану ґрунтового середовища базується на наступній послідовності деформування масиву, яка складається з таких явищ:

- часткове або повне руйнування під дією інтенсивної хвилі напружень скелетних зв'язків ґрунту, що визначають його міцність;
- незворотне переукладання часток ґрунтового скелету з одночасним взаємним переміщенням гравітаційної ґрунтової вологи і газового компонента (повітря), тобто з повною або частковою ліквідацією порового об'єму;
- формування кінцевої деформаційної картини, що супроводжується складною послідовністю формування області залишкових деформацій.

Розглядаючи наявні надбання теоретичної і прикладної динаміки ґрунтів, можна вирізнити ряд специфічних явищ, а також позначити певні “білі плями” в теорії і експериментальній динаміці. Теорія і експеримент взаємодіють не абсолютно паралельно, а найчастіше саме заповнюючи прогалини, що не піддаються вивченню обраним методом (теоретичним чи експериментальним).

Так, наприклад, неможливо в полігонних умовах вивчити явища, що відбуваються на контакті заряду ВР з ґрунтом. Поведінку ґрунтового масиву під дією хвилі напружень з інтенсивністю в десятки тисяч МПа можна передбачити, лише маючи дані про динамічну стисливість ґрунту, отримані на спеціальних (наприклад, рентгенівських) установках в лабораторних умовах. В цьому разі пріоритет належить теоретичним побудовам. Однак при таких побудовах слід мати уявлення щодо деформаційних процесів в ближній зоні. В цих умовах потрібен і польовий експеримент, який доводить, наскільки складною є перебіг і кінцева картина розподілу деформацій в ґрунтовому масиві.

Порівняння картини перерозподілу і взаємного переміщення компонентів деформованого ґрунту, отриманої в полігонних умовах, з результатами теоретичних пошуків свідчить про те, що теорія в стані найбільш детально описати навантажувальну ділянку діаграми стиснення, навіть до надвисоких тисків, притаманних ближній зоні дії вибуху. Щодо розвантажувальної частини діаграми, де вступають в силу реологічні явища, їх теоретичне описання досі кінцево не вирішено.

Звідси витікає обмежена можливість теоретичного передбачення залишкових механічних явищ, що спостерігаються в ґрунті після закінчення деформаційного процесу. Наприклад, в найбільш наближених до практики теоретичних роботах наводяться розрахунки параметрів вибухової порожнини, однак ці параметри відбивають теоретично стан процесу до досягнення максимуму радіуса порожнини і не дають уявлення про подальші деформаційні явища та їх просторово – часові характеристики.

Аномальні процеси в формуванні механічного ефекту вибуху.

Послідовність деформування ґрунтового масиву на початковій стадії вибуху складається з руйнування структури під дією хвилі напружень, повної або часткової ліквідації скелетних зв'язків, інтенсивного взаємного переміщення компонентів, переупаковування мінеральних часток під дією високих тисків на фронті та за фронтом хвилі напружень. В подальшому спостерігається ряд аномальних явищ в розподілі залишкових деформацій.

Особливо ці явища виявляються в структурно нестійких ґрунтах, не здатних повністю утримувати або відновлювати міцнісні зв'язки між компонентами.

Експериментально доведено [1-3, 4], що поряд з утвореною вибухом виробкою (порожниною або виїмкою) в ґрунті присутня широка зона порушень або тріщиноутворення, яка безпосередньо примикає до виробки чи до ущільненої зони. Разом з тим дослідження показали, що навіть в ненасичених водою ґрунтах, тобто в ґрунтах повітряно-сухої вологості має місце явище переміщення порової вологи відносно мінерального скелету, що більш притаманне водонасиченим ґрунтам. Однак ці переміщення в ближній і віддаленій зонах мають різну природу. В ближній зоні вони переважно пов'язані з потужним силовим фактором, в другому випадку – з консолідаційними процесами в межах дії хвилі напружень, тобто з дією залишкових напружень в ґрунті.

В експериментах встановлено, що в ближній зоні фактична щільність ґрунту після вибуху за значенням перевищує розрахункову, в якій враховано сумарну можливу стисливість мінеральної фази в одиниці об'єму та повну ліквідацію вільної пористості (пор, заповнених повітрям). Це означає, що частково деформація стиснення відбувається за рахунок порової вологи, переміщеної відносно мінерального скелету. Таке явище в математичних моделях не враховується.

Якщо волога з ближньої зони інтенсивного ущільнення витиснута, належить встановити напрямки її переміщення. Дослідження показують, що з цієї зони волога може переміщуватись як в напрямку від заряду, тобто в бік зони більш низької щільності, так і “на заряд”, в область інтенсивної тріщинуватості. Вірогідніше за все в цій області у повітряно-сухому ґрунтовому масиві вона випаровується під дією високої температури вибухових газів. У водонасиченому структурно нестійкому ґрунті цей рух вологи спричиняє пульсацію газової порожнини з наступним обваленням її стінок.

Дослідження розвитку деформаційного процесу в часі [4, 6, 8] при експериментах в лесовому ґрунті, дозволили встановити реальну картину переміщення шарів ґрунту і стінок газової порожнини під час вибуху. Отримані залежності величини деформації від відстані свідчать про коливальний характер розвитку ущільненої зони, який призводить до зародження аномалії в просторовому розподілі об'ємних деформацій, тобто області розриву (розущільнення) деформованої зони.

Формування кінцевих параметрів газової порожнини і зони залишкових деформацій не завершується на стадії максимального розширення газової порожнини і досягається значно пізніше після проходження фронту хвилі напружень. Доказом слугує порівняння отриманих експериментально епюр хвилі напружень і деформацій у вологому лесі [4] в умовах камуфлетного вибуху плоского заряду масою $0,3 \text{ кг/м}^2$ (рис. 1, 2).

Датчики напружень і деформацій знаходились на відстані 20 і 4 см від площини заряду. Аналіз розвитку в часі епюр $\sigma(t)$ і $\varepsilon(t)$ свідчить, що лише на протязі перших 12 мс існує позитивна фаза хвилі напружень. В цей час спостерігається зростання величини деформації і цей процес продовжується на протязі 22 мс, тобто після проходження позитивної фази хвилі напружень, на стадії розвантаження.

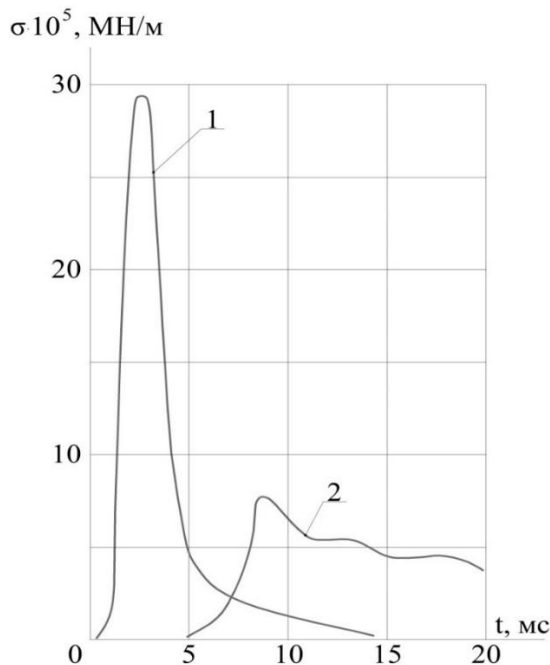


Рис. 1 Епюри хвиль напружень.

На кривих $\varepsilon(t)$ (залежності 1, 2 рис. 2) виразно помітне тяжіння середовища до пульсаційних рухів в часовому діапазоні 20-60 мс, в той час як силове поле або вже датчиком не фіксується (залежність 1 на рис.1), або знаходиться в стадії затухання (залежність 2 на рис.1).

Подібні вимірювання, виконані на відстанях від площини заряду 10, 20, 30, 40, 60, 80 см, дозволили перейти до координат $\sigma(R)$ і $\varepsilon(R)$ для різних моментів часу. Вибірково деякі характерні залежності $\varepsilon(R)$, зафіксовані на 10-й, 20-й, 40-й і 50-й мс наведено на рис. 2.

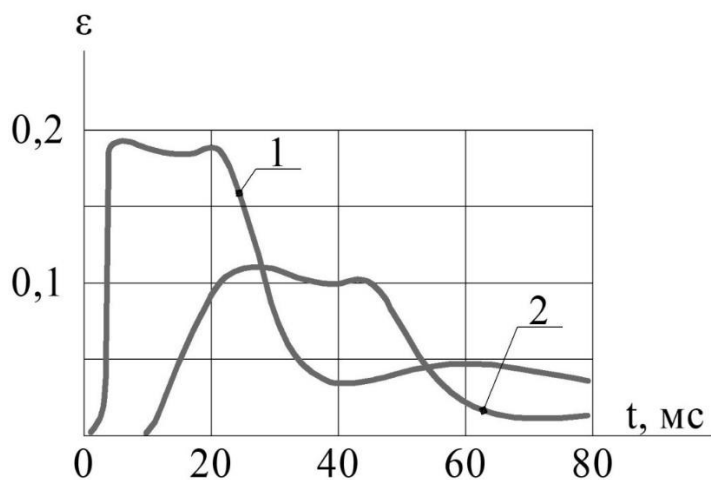


Рис. 2 Епюри хвиль деформації.

Отримані залежності демонструють, як однозначний процес розширення деформаційного поля з відстанню від заряду вже на 40-й мілісекунді різко поділяється на 2 зони підвищеної щільності – від 0 до 10 см і від 25 до 80 см. Ці зони розвиваються незалежно: перша - під дією потужної хвилі напружень і наступного схлопування газової порожнини, друга – під дією помірної хвилі напружень і наступного процесу структурної консолідації.

На протязі певного часу в масиві після проходження фронту хвилі напружень відбувається подальше поширення деформаційних процесів під впливом реологічних явищ у віддалених від заряду шарах масиву. Одночасно максимально ущільнена область, прилегла до газової порожнини, зміщується в бік джерела вибуху внаслідок падіння тиску і температури в газовій порожнині. Така послідовність формування поля деформацій в режимі камуфлетного вибуху в ґрунтовому масиві в певній мірі відповідає відомому пульсаційному механізмові затухання газового пухиря під час підводного вибуху.

Таким чином, у віддалених шарах коливальні процеси відбуваються незалежно від пульсаційного розвитку порожнини, і пов'язані з консолідацією масиву. Звичайно, такі явища слід досліджувати не в лабораторних умовах. Лише дослідження поведінки газового пухиря при великомасштабних вибухах у морській воді дають можливість кількісно і якісно дослідити процес його трикратного циклу «розширення – схлопування» в процесі спливання, поступового охолодження вибухових газів і зменшення діаметра газової порожнини під дією інерційних сил. На відміну від води трикомпонентна ґрунтова структура завдяки явищу зчеплення між мінеральними частками, покритими водними плівками, набуває під час ущільнення додаткової міцності, яка стримує ґрунтову структуру від періодичного схлопування вибухової порожнини. Як слідує з рис. 3, радіальні коливання стінок вибухової порожнини із зменшенням її діаметра відбуваються в ґрунті в дещо зміненому вигляді – після розширення порожнина ступінчасто двічі зменшується в розмірі.

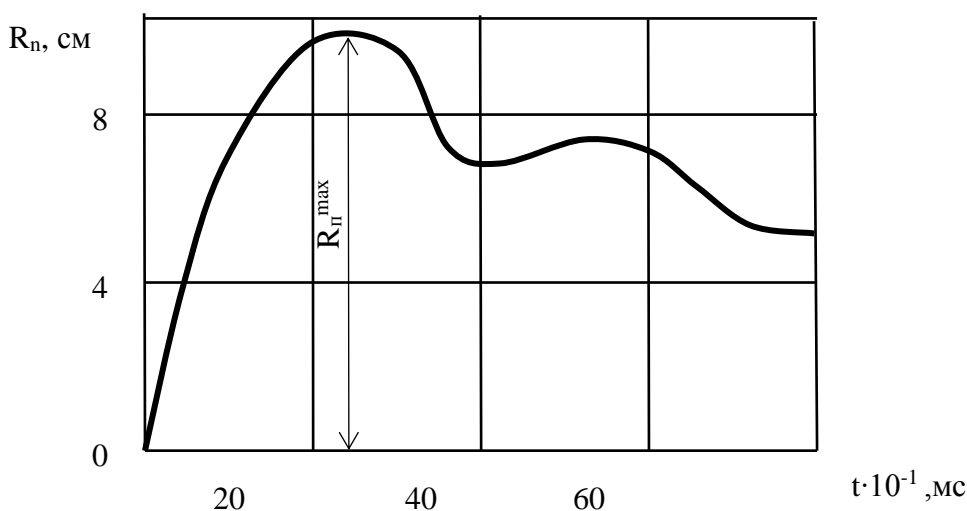


Рис. 3 Динаміка розвитку радіуса камуфлетної порожнини.

Припускаємо, що за аналогією з скельними породами [4] в деформованому вибухом ґрунтовому масиві на стадії розвантаження і консолідації відбувається формування систем тангенціальних тріщин або відривних зон (зон пониженої щільності), зображених на графіках $\varepsilon(R)$ (рис. 2).

Технологічне значення аномальних явищ. Пульсаційні рухи ділянок ґрунтового масиву в межах деформованої вибухом області мають утилітарне значення. Вони можуть бути або основою геотехнології, або елементом її удосконалення. Для прикладу наведемо кілька з них.

Влаштування протифільтраційного екрану в структурно нестійкому ґрунті.

Спосіб спорудження водоізолюючого екрану в ґрунтовому масиві з нестійкими структурними зв'язками полягає в утворенні вертикальної щілини і заповненні її водонепроникним матеріалом на основі глинистого розчину [1, 7]. Вибуховий варіант оперативного виконання технології полягає в підриванні ряду свердловинних зарядів, розташованих в свердловинах з інтервалом, розрахованим на утворення суцільної вертикальної щілини. Верхні частини зарядів знаходяться під шаром розчину заповнювача, розташованим в поверхневій траншеї. Сутність технології полягає в конкуренції двох процесів під час формування вибухової порожнини – схлопування порожнини і опускання в порожнину розчину заповнювача.

Під час розширення вибухових газів їх тиск утримує схильні до обвалення стінки порожнини. Наступний етап – це падіння тиску в порожнині і зворотний рух її стінок. Цей рух відбувається через реалізацію пружної протидії прилегло до порожнини шару деформованого ґрунту після проходження по ньому надвисокого тиску (ударної хвилі). Експериментально показано [4, 6], що в полігонному досліді інерційні явища в прилеглому до газової порожнини шарі утримують його від зворотного руху на протязі 30 мс (рис.3), тоді як максимум хвилі існував лише до 3-ї мілісекунди (рис.1, залежність 1). В експериментах доведено, що за цей час водостійкий розчин з верхньої ємності (траншеї) під дією складних порожнинних процесів заповнює порожнину. Прості обрахунки доводять, що гравітаційний чинник в його русі в напрямку дна порожнини відіграє незначну роль. Отже, можна зробити висновок, що в порожнині в цей час поряд з радіальним ущільненням ґрунтового масиву діють вертикальні пульсаційні сили, які включаються раніше до початку горизонтальних пульсацій, що мали б призвести до схлопування стінок порожнини.

В літературі відомі приклади промислового застосування іншого варіанту цієї технології [5]:

Зміцнення обводненого мулистого ґрунту як основи прибережних морських споруд застосуванням піщаних паль-дрен. Варіант відрізняється метою, поставленою перед технологією – ущільнення шару мулистого морського дна шляхом:

втиснення на проектну відмітку мулистого шару системи циліндричних зарядів в обсадних трубах;

намивання потужного шару піщаного ґрунту над зарядами;

підривання системи зарядів з заповненням газових порожнин водонаповненим піском і утворенням піщаних паль;

процесу дренажування води з навколишнього мулистого ґрунту через піщані палі-дрени;

ущільнення зневоднюваного мулистого шару під дією маси верхнього намивного шару піску

Супутнє укріплення ґрунтового масиву з використанням вибухових технологій. Вибухова обробка ґрунтового масиву з метою його ущільнення

супроводжується пульсаційними явищами, які в певних ґрунтових умовах призводять до утворення областей розуцільнення. Якщо в ґрунті виконується відповідальна геотехнічна споруда типу «стіна в ґрунті» тривалої дії, подібні відривні явища (розуцільнення масиву) особливо шкідливі в першій від заряду зоні розриву суцільності, оскільки призводять до ослаблення масиву поблизу екрану, сприяють схлопуванню системи газових порожнин в процесі формування траншеї і ослаблюють масив в сенсі фільтрації. Щоб запобігти цьому явищу, потрібно в технології передбачити попереднє насичення кольматуючим розчином через систему паралельних свердловин, пройдених в прогнозованій області розуцільнення. Під час вибуху розчин, заповнюючи утворену зону розуцільнення, змішується з нестійкою структурою ґрунту і покращує міцнісні характеристики масиву. В процесі приготування кольматуючого розчину можна передбачити введення в нього тужавіючого компонента. Дослідженнями [2, 7, 10] встановлено, що починаючи з початкового етапу тужавіння оброблений вибухом розчин в суміші з ґрунтом набуває підвищеної міцності значно швидше порівняно з необробленими. Встановлено, що міцність досліджуваних зразків суміші ґрунту з тужавіючим розчином на стискання зростає на (0,6...2,0) МПа; процес схоплювання суміші розчину з ґрунтом після динамічної обробки вибуховим імпульсом пришвидшується. Це означає, що попереджується вимивання в'язучих речовин при формуванні ущільнених вибухом породних шарів на період часу, необхідний для утримання в стійкому стані і влаштування у глибокій вертикальній траншеї захисної споруди типу «стіна в ґрунті».

Висновки:

Залучення можливостей енергії вибуху для спорудження підземних порожнин різного призначення, для ущільнення і переміщення ґрунтових масивів, виконання спеціальних робіт вимагає оцінки процесів деформування масивів в часі. Для реалізації кожної технології потрібно знати не лише кінцевий розподіл залишкових деформацій в оброблюваному вибухом масиві, а й можливість поетапно оцінити процеси деформування ґрунтового масиву в часі, тобто знати динаміку процесу.

Враховуючи дані про послідовність формування елементів ущільненої зони в часі, процес деформування можна розділити на окремі фази, в межах яких спостерігаються переміщення ґрунтових шарів:

- стадія інтенсивних позитивних напружень, в часі якої в масиві поширюється область максимального ущільнення, а радіус вибухової порожнини досягає максимуму;

- стадія розвантаження, коли хвиля напружень відділяється від межі порожнини і поширюється на віддалені шари ґрунту. Під дією пружних сил розвантаження прилегла до порожнини ущільнена область масиву переміщується на порожнину, створюючи область тангенціальних відривів, тобто концентричну зону розуцільнення, яка ослаблює масив навколо порожнини;

- стадія консолідації, тобто взаємного переміщення ґрунтових компонентів, переукладання скелету і формування нових щільнісних і міцнісних параметрів деформованого масиву.

Знання якісних і кількісних показників, що описують пульсаційні процеси в деформованій зоні, генеровані силовим полем вибуху, сприяє розробці сучасних або вдосконалення існуючих інтенсивних технологій ведення земляних робіт з залученням енергії вибуху.

Список літературних джерел

1. Вапнічна В.В. Технологічні параметри вибухового обвалення ґрунту при створенні вибухом споруд типу «стіна в ґрунті» / В.Г. Кравець, В.В. Вапнічна // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія „Гірництво”. – К.: НТУУ „КПІ”: ЗАТ „Техновибух”. – 2002. – Вип. 7. – С. 95-98.
2. Вапнічна В.В. Формування вибухової виїмки та ущільненої зони в ґрунті в присутності пластичного елемента / В.Г. Кравець, В.В. Вапнічна // Вісник Житомирського Державного технологічного університету. Серія „Технічні науки”. Житомир: Вид. ЖІТІ. – 2007. – № 4 (43). – С. 134-138.
3. Використання пульсаційних рухів вибухової порожнини для спорудження протифільтраційної завіси / В.Г. Кравець, К.Н. Ткачук, В.В. Вапнічна, А.В. Францішко, М.М. Олісевич // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія „Гірництво”. – К.: НТУУ „КПІ”: ЗАТ „Техновибух”. – 2008. – Вип. 17. – С. 85-91.
4. Геодинаміка взрива и ее приложения. Монография / А.А. Вовк, В.Г. Кравець, И.А. Лучко, А.В. Михалюк // -К.: Наукова думка, 1981.-296с.
5. Иванов И.Л. Уплотнение несвязных ґрунтов взрывами.-Л.: Стройиздат, 1967.-172с.
6. 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”: Донецьк: ДонНТУ. 2004. – № 72. – С. 83-88.
7. Кравець В.Г. Підвищення енергоефективності процесу формування камуфлетної порожнини вибухом в свердловині в присутності тампонажного матеріалу / В.Г. Кравець, Л.В. Шайдецька // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2014. – №4. – С.17-22.
8. Обґрунтування параметрів вибуху при утворенні підземних сховищ токсичних відходів та протифільтраційних споруд / В.Г. Кравець, В.В. Вапнічна, А.Л. Ган, Ю.В. Шабельська // Проблеми охорони праці в Україні Національного науково-дослідного інституту охорони праці. – К. – 2003. – №7. – С. 105-115.
9. Формування протифільтраційного екрана вибухом системи зарядів в структурно нестійких ґрунтах / В.Г. Кравець, В.В. Вапнічна, А.Б. Соколовська, О.В. Шепітчак // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія „Гірництво”. – К.: НТУУ „КПІ”: ЗАТ „Техновибух”. – 2008. – Вип. 16. – С. 61-67.
10. Шайдецька Л.В. Формування вибухової порожнини в двошаровому середовищі / Л.В. Шайдецька, Н.С. Ремез, А.І Дем’янчук // Хімічна технологія: наука, економіка та виробництво. Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. М.: Шостка, 2014. – С. – 129-131.