

# **ВПЛИВ ІМПУЛЬСНОЇ СКЛАДОВОЇ НА ПРОНИКНІСТЬ РОЗЧИНІВ В ГРУНТОВОМУ МАСИВІ ПРИ ІН'ЄКЦІЙНОМУ ПІДСИЛЕННІ НЕСУЧИХ ОСНОВ СПОРУД**

Бадьора Н.П., Коц І.В.

Вінницький національний технічний університет  
м. Вінниця, Україна

**АНОТАЦІЯ:** В статті наведено результати експериментальних досліджень імпульсного нагнітання розчинів в ґрунтовий масив при змінному тискові ін'єктування, який довів свою ефективність та надійність.

**АННОТАЦИЯ:** В статье представлены результаты экспериментальных исследований импульсного нагнетания растворов в грунтовый массив при переменном давлении инъектирования, который доказал свою эффективность и надежность.

**ABSTRACT:** The results of experimental studies of pulse pumping solutions in ground array with alternating pressure injection, which has proved its efficiency and reliability are presented.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** Імпульсне нагнітання, фундамент, ґрунтова основа, радіус розтікання розчину, ін'єктування.

## **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Останнім часом в Україні досить широкого розповсюдження набув ін'єкційний метод підсилення та закріплення ґрунтів. Цей метод дозволяє не тільки підсилити існуючу ділянку основи чи фундаменту, але й створити надійну протифільтраційну завісу та при необхідності вирішити досить важливу проблему усунення сповзання ґрунту схилів доріг. Одним із широко використовуваних на сьогодні є ін'єкційний метод укріплення, який передбачає подачу стаціонарного потоку скріпного розчину під

визначеним постійним тиском за короткий період часу, але питання накладення додатково створених періодичних гідроімпульсів на стаціонарний потік розчину в технології будівельного виробництва ще недостатньо досліджене. Виникає необхідність та доцільність обґрунтування ефективності гідроімпульсного ін'єкційного закріплення ґрунтових масивів і основ фундаментів.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз останніх досліджень та публікацій [1, 2] показав, що ін'єкційні методи поліпшення фізико-механічних характеристик ґрунтових масивів дають свої позитивні результати порівняно з іншими, а саме забезпечують: високу надійність і несучу здатність основи, простоту використання, можливість локального використання при реконструкції будівель та споруд, високу енергоефективність. Можливість використання гідроімпульсного ін'єкційного методу із застосуванням періодичного змінного тиску нагнітання скріпного розчину у відомих літературних джерелах висвітлена ще в недостатній мірі та відсутнє обґрунтування переваг цього методу у будівництві, а тому виникла необхідність у встановленні його доцільності та переваг і підтвердження ефективності у порівнянні із традиційним ін'єктуванням скріпного розчину у ґрунт.

**Метою** даної статті є експериментальна перевірка гіпотези щодо збільшення радіуса розтікання розчину при використанні імпульсної складової тиску у порівнянні зі статичним (постійним тиском нагнітання).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальне дослідження пристроїв для імпульсного нагнітання скріпних розчинів в ґрунтовий масив проводилось в науково-дослідній лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету. Для проведення експериментальних досліджень був виготовлений експериментальний стенд, який показаний на рис. 1 [3]. До складу експериментального стенду входить силовий нагнітальний агрегат, що включає робочу камеру, напірну камеру, в яку стаціонарно подається під певним статичним тиском розчин скріпної рідини, яка в подальшому витискається у ґрунтовий масив із накладенням додатково створених силових імпульсів. Управління гідроприводом імпульсного нагнітального агрегату здійснюється дистанційним блоком автоматичного керування генератором гідравлічних імпульсів тиску – імпульсним клапаном. Частота повторення силових імпульсів нагнітання визначалась за осцилограмами переміщення плунжерного робочого органу, а тиск в нагнітальній камері пристрою контролювався за показами сенсорів тиску.

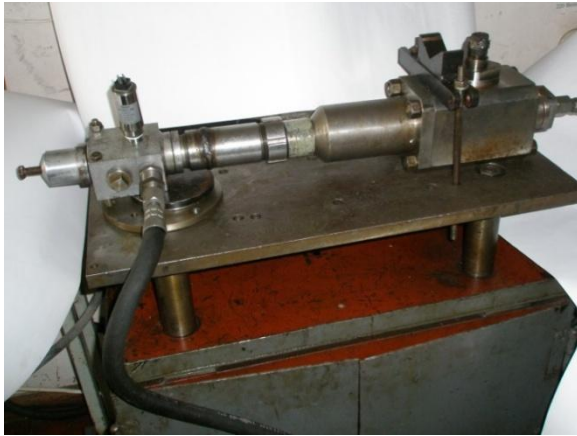


Рис. 1. Загальний вигляд експериментального стенду з вимірювальною апаратурою

Проводилось ряд експериментів на двох типах несучих основ: щебінь та пісок. В результаті проведення досліджень були отримані експериментальні зразки, які показали функціональні можливості і переваги імпульсного нагнітання технологічних скріпних розчинів (рис. 2 та 3). При проведенні експериментальних досліджень варіювалися наступні показники: тиск 0,3...0,6 МПа, амплітуда (частота повторення грі дравлічних імпульсів) 1...3 Гц, характеристики середовища (дисперсність ґрунту) 2...22 мм.



Рис. 2. Експериментальний зразок тіла заповнення, утвореного при статичному та імпульсному нагнітанні розчину в щебеневу структуру ґрунту



Рис.3. Експериментальний зразок тіла заповнення при статичному та імпульсному нагнітанні технологічного скріпного розчину в пісок

Експериментальні дослідження радіуса розтікання розчину в ґрунтовий масив проводились на щебеневій основі ґрунту з розмірами частинок 5...20 мм. Для виконання експериментальних досліджень було підготовлено дві ємності з щебенем відповідного розміру. Експеримент проводився у два етапи: на першому етапі нагнітання технологічного розчину проводилося завдяки статичному навантаженню силового плунжера нагнітального пристрою, а на другому – до статичного навантаження додавалось імпульсне привантаження. Як технологічний розчин використовувався водоцементний розчин з співвідношенням 1:1 (Ц:В) з густиною  $1650 \text{ кг/м}^3$  і динамічною в'язкістю 50 МПа·с. Для приготування розчину використовувався цемент марки М 400.

При нагнітанні технологічного скріпного розчину в щебінь отримані зразки при імпульсному нагнітанні виявились в 1,8...2,3 рази більшими за об'ємом, ніж зразки при статичному нагнітанні розчину, а також збільшився радіус розповсюдження розчину, а як наслідок, збільшився ефективний об'єм ґрунтового масиву, що значно впливає на несучу здатність ґрунту.

Проводилось також нагнітання технологічного скріпного розчину в пісок з середньою величиною фракції 1...2 мм. При цьому були досліджені зразки заповнення масиву при статичному та імпульсному нагнітанні розчину. Статичне нагнітання не дало якісного результату, оскільки в результаті нагнітання ми не отримали суцільний зразок, а були отримані лише окремі просочені цементом фрагменти піску. При імпульсному нагнітанні технологічного скріпного розчину були отримані суцільні зразки. Імпульсний спосіб дав змогу більше витіснити скріпного технологічного розчину в ґрунтовий масив та збільшити щільність отриманих зразків. Отримані зразки мали більш ущільнену структуру.

## ВИСНОВКИ

Проведено експериментальну перевірку функціонування запропонованого гідроімпульсного устаткування, кількісне і якісне оцінювання параметрів і характеристик нагнітання технологічних розчинів в ґрунтовий масив, яка підтвердила ефективність даного устаткування.

Співставлення результатів експериментальних досліджень, яке проводилось згідно утворених у щебеневій структурі тіл заповнення (рис. 1), показало, що імпульсне нагнітання технологічних скріпних розчинів в масив є більш ефективним, тому що відбувається якісне заповнення порожнин у щебені і тіла заповнення, утворені у товщі щебеневого масиву, мають значно більші розміри, внаслідок проникнення розчину на більшу глибину. В кінцевому результаті при практичному застосуванні це гарантуватиме високу міцність ґрунтового масиву та більшу несучу здатність основ і фундаментів.

При порівнянні результатів експериментальних досліджень проведених для піску і щебеню, слід зауважити, що при використанні щебеню були отримані більш якісні результати, які відрізнялись більшими геометричними розмірами і більшою щільністю заповнення порожнин. Це можна пояснити тим, що сумарний гідравлічний опір проникненню технологічного скріпного розчину у внутрішню структуру порожнин, утворених частинками піску є більшим ніж у аналогічних порожнинах між частинками щебеню.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Богомоллов В.А. Метод высоконапорной инъекции связных грунтов при устройстве и усилении оснований и фундаментов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.23.02 «Основания и фундаменты» / В.А. Богомоллов. – Пермь, 2002. – 18 с.
2. Писанко В.П. Уплотнение грунтового основания методом высоконапорного инъецирования с нагнетанием смесей по заданным траекториям / В.П. Писанко, М.Л. Нуждин // Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство: сб. науч. трудов. – С.-Петербург, 2003. – С. 361-364.
3. Пат. 63266U Україна, МПК8 E02D 3/00, E21B 43/16, E21D 20/00. Установа для нагнітання будівельних розчинів в ґрунтовий масив / Коц І.В., Бадьора Н.П.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u201100502; заявл. 17.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.

Стаття надійшла до редакції 15.07.2013 р.