

# УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ІН'ЄКТУВАННЯ СКРІПНИХ РОЗЧИНІВ У ҐРУНТОВИЙ МАСИВ ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Вінницький національний технічний університет

## Анотація:

*В матеріалах доповіді обґрунтовані отримані результати теоретичних та експериментальних досліджень гідроімпульсного нагнітання в'язучих розчинів в ґрунтовий масив при періодичній зміні тиску їх ін'єктування, що сприяє його інтенсифікації і поліпшенню якості підсилення фундаментів та підвищенню їх несучої здатності.*

**Ключові слова:** гідроімпульсне нагнітання, фундамент, ґрунтова основа, радіус розтікання розчину, ін'єктування, скріпний розчин.

## Abstract:

*In materials a report the got results of theoretical and experimental researches of the hydroimpulsive pumping of astringent solutions are grounded in the ground array at the periodic change of pressure of their injection which is instrumental in his intensification and improvement of quality of fundamentals and increase of them strength.*

**Keywords:** hydroimpulsive pumping, foundation, ground basis, radius of spreading of solution, injection, fixing solution.

## Вступ

Ін'єкційний метод підсилення та закріплення ґрунтів під основами і фундаментами різноманітними в'язучими розчинами широко застосовується в багатьох країнах. Завдяки даному методу дозволяє не тільки підсилюють існуючу ділянку основи чи фундаменту, але й створюють надійну протифільтраційну завісу, а також при необхідності вирішують досить важливу проблему усунення сповзання ґрунту на схилах. На сьогодні традиційний ін'єкційний метод укріплення передбачає подачу стаціонарного потоку в'язучого розчину під визначеним постійним тиском за визначений проміжок часу, але питання накладення додатково створених періодичних силових гідравлічних імпульсів 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 [1 –3, 8, 12] 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 [5, 10, 11] 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.

## Результати роботи

Метою дослідження було теоретичне обґрунтування технології виконання ін'єктування скріпного розчину та експериментальна перевірка гіпотези щодо збільшення радіуса розтікання розчину при

використанні імпульсної складової зміни тиску у порівнянні зі статичним (постійним тиском нагнітання). В науково-дослідній лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету проведено серію експериментальних досліджень нового технологічного обладнання для імпульсного нагнітання в'язучих розчинів в ґрунтовий масив. Для проведення експериментальних досліджень застосовувався спеціалізований експериментальний стенд [4, 5, 12].

Експериментальний стенд включає: 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 гідравлічних імпульсів зміни робочого тиску нагнітання. Для створення періодичних гідравлічних імпульсів нагнітального агрегату застосовувався дистанційний блок автоматичного керування – генератор гідравлічних імпульсів тиску [4–6]. Періодичність повторення силових імпульсів нагнітання визначалась за осцилограмами переміщення плунжерного робочого органу, а тиск в нагнітальній камері пристрою контролювався за показами сенсорів тиску. Експериментальні дослідження радіуса розтікання розчину в ґрунтовий масив проводились на зразках з дрібного щебеню з розмірами частинок 3...8 мм. Як технологічний розчин для силікатизації використовувався розчин, що базується на введенні в ґрунт гелеутворюючої речовини – розчину, що складається з двох або трьох компонентів, з в'язкістю, близькою до в'язкості води (2...5 спз) та з уповільненим (заздалегідь заданим) часом гелеутворення. До складу рецептури входили компоненти: силікат натрію+кремнефтористоводнева кислота. При проведенні експериментальних досліджень варіювалися наступні показники: тиск 0,2...0,55 МПа, амплітуда (частота повторення гідравлічних імпульсів) 1...6 Гц.

Для виконання експериментальних досліджень було підготовлено 2 ємності зі щебенем відповідного розміру. Експеримент проводився у 2 етапи: на першому етапі нагнітання технологічного розчину проводилося завдяки статичному навантаженню силового плунжера нагнітального пристрою, а на другому – до статичного навантаження додавалось силове імпульсне привантаження.

При нагнітанні технологічного в'язучого розчину отримані зразки при гідроімпульсному нагнітанні виявились 1,5...2,2 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. Ці результати підтвердили функціональні можливості і переваги силового гідроімпульсного нагнітання технологічних в'язучих розчинів у ґрунтовий масив.

Запропоновано математичну модель процесу нагнітання технологічного розчину у ґрунтовий масив із врахуванням фізико-механічних характеристик як технологічного розчину так і ґрунтового масиву [8–10]. Встановлено, що на радіус розповсюдження і якісне заповнення просторів поміж частками ґрунтового масиву суттєвий вплив має амплітуда та максимальна величина перепадів тиску, а також частота періодичного повторення імпульсів тиску в ін'єктованій рідині. Отримані попередні результати теоретичного дослідження є достатньо наближеними до практично отриманих при експериментальній перевірці.

### **Висновки**

Виконане теоретичне обґрунтування процесу нагнітання та експериментальна перевірка функціонування запропонованого гідроімпульсного устаткування, кількісне і якісне оцінювання параметрів і характеристик нагнітання технологічних розчинів в ґрунтовий масив, які підтвердили можливість інтенсифікування технологічних процесів, наприклад, при силікатизації ґрунтових масивів, а також ефективність функціонування запропонованого нового обладнання. Порівняння отриманих результатів теоретичних та експериментальних досліджень, які проводилось згідно утворених у щебеневій структурі тіл заповнення показало, що гідроімпульсне нагнітання технологічних в'язучих розчинів в ґрунтовий масив є більш ефективним, тому що відбувається

якісне заповнення порожнин у щелебі та тіла заповнення, які утворені у товщі щелебеного масиву, мають значно більші розміри, внаслідок проникнення розчину на більшу глибину та більш якісне заповнення вільного простору в цьому масиві. В кінцевому результаті при практичному застосуванні це гарантуватиме високу міцність ґрунтового масиву та більшу несучу здатність основ і фундаментів будівель та споруд.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Писанко В.П. Уплотнение ґрунтового основания методом высоконапорного инъектирования с нагнетанием смесей по заданным траекториям / В.П. Писанко, М.Л. Нуждин // Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство: сборник научных трудов. – С.-Петербург, 2003. – С. 361-364.
2. Камбефор А. Инъекция ґрунтов. Принципы и методы [Текст] / А. Камбефор; [пер. с фр. Р.В. Казаковой, В.Б. Хейфица]. – М.: «Энергия», 1971. – 333 с.
3. Богомолов В. А. Метод высоконапорной инъекции связных ґрунтов 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. Богомолов. – Пермь, 2002. – 18 с.
4. Пат. № 63266U Україна, МПК8 E02D 3/00, E21B 43/16, E21D 20/00. Установка для нагнітання будівельних розчинів в ґрунтовий масив / Коц І. В., Бадьора Н. П.; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u201100502; заявл. 17.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.
5. Пат. № 92360U Україна, МПК8 E02D 5/46. Устаткування для імпульсного ін'єктування сумішей / Коц І.В., Бадьора Н. П., Колісник Н.П.; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – №u201402945; заявл. 24.03.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.
6. Коц І.В. Разработка и исследование клапанов-пульсаторов для гидравлических приводов вибрационных и ударно-вибрационных узлов горных машин. – Дис... канд. техн. наук: 05.02.03. – Винница, 1994. – 227 с.
7. P.F.G. Banfill, et al. Rheology and vibration of fresh concrete: Predicting the radius of action of poker vibrators from wave propagation. Cement and Concrete Research. 2011. Vol. 41, № 9. PP. 932–941.
8. Головка С.И. Теоретические и практические аспекты проблемы закрепления оснований методом высоконапорной инъекции растворов [Текст] / С.И. Головка // Новини науки Придніпров'я. Серія: Інженерні дисципліни. – 2004. – № 2. – С. 83-87.
9. Маслов А.Г. Исследование взаимодействия вибрирующей плиты с цементобетонной смесью / А.Г. Маслов, Ю.С. Саленко, Н.А. Маслова // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2011. Вип. 2 (67), частина 1. С. 93–98.
10. Маслов А.Г., Жанар Батсайхан. Исследование колебаний рабочего органа машины для уплотнения бетонных смесей в вибрационном рабочем режиме / А.Г. Маслов, Жанар Батсайхан // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, 2015. Вип. 2 (91), частина 1. – С. 92–97.
11. Коц І. В. Установка для інтенсифікації видобутку та утилізації вугільного метану [Текст] / І. В. Коц, В. П. Надутий // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2007. - № 4. – С. 126-131.
12. Коц І. В. Пристрій для імпульсного нагнітання сумішей в ґрунт основ фундаментів [Текст] / І. В. Коц, С. Б. Сторожук, В. В. Петрусь // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – 2008. – № 38. – С. 35–44.

**Трубаснко Андрій Анатолійович** — аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: truba-enko@i.ua

**Коц Іван Васильович** – канд. техн. наук, професор кафедри, завідувач кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivkots@gmail.com

**Andriy A. Trubaenko** — Postgraduate student of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: truba-enko@i.ua

**Ivan V. Kots** – Ph.D., Professor, Head of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivkots@gmail.com