

# ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ІН'ЄКТУВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАСИЧЕНОСТІ ГРУНТІВ ПРИ ПОСИЛЕННІ ФУНДАМЕНТІВ ТА ОСНОВ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

У сучасному будівництві, особливо при зведенні нових споруд та реконструкції існуючих, проблема зміцнення фундаментів та основ будівель є надзвичайно актуальною. Традиційні методи укріплення ґрунтів часто не забезпечують достатнього рівня надійності та економічності. У зв'язку з цим, інноваційні технології набувають все більшого значення. Ця робота присвячена вивченню та впровадженню інноваційної технології гідроімпульсного ін'єктування для підвищення насиченості ґрунтів при посиленні фундаментів та основ будівель. Гідроімпульсне ін'єктування дозволяє значно покращити фізико-механічні властивості ґрунтів, зокрема підвищення їх несучої здатності, водостійкості та морозостійкості, що є критичним для стабільності та довговічності будівель. В роботі розглядаються основні принципи технології гідроімпульсного ін'єктування, методологія проведення ін'єктувальних робіт, а також аналізуються результати численних польових і лабораторних досліджень. Зокрема, досліджено вплив різних параметрів ін'єктування на якість насичення ґрунтів та обґрунтовано оптимальні умови проведення процесу. На основі проведених досліджень було розроблено практичні рекомендації щодо застосування гідроімпульсного ін'єктування в умовах різноманітних ґрунтів та різних типів будівельних конструкцій. Зазначена технологія виявила свою ефективність у реальних умовах і пропонується для широкого впровадження в будівельну практику. Результати цієї роботи мають велике практичне значення для будівельної галузі, оскільки дозволяють значно знизити ризики руйнування будівель і споруд, підвищити їх надійність і продовжити термін експлуатації.

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

## Abstract

In modern construction, especially in the erection of new buildings and the reconstruction of existing ones, the problem of strengthening the foundations and bases of buildings is extremely relevant. Traditional methods of soil reinforcement often do not provide a sufficient level of reliability and economic efficiency. Therefore, innovative technologies are becoming increasingly important. This work is dedicated to studying and implementing innovative hydro-impulse injection technology to increase soil saturation during the reinforcement of foundations and bases of buildings. Hydro-impulse injection significantly improves the physical and mechanical properties of soils, particularly their bearing capacity, water resistance, and frost resistance, which are critical for the stability and durability of buildings. The paper examines the basic principles of hydro-impulse injection technology, the methodology for conducting injection work, and analyzes the results of numerous field and laboratory studies. In particular, it investigates the impact of various injection parameters on soil saturation quality and substantiates the optimal conditions for the process. Based on the conducted research, practical recommendations for applying hydro-impulse injection in various soil conditions and different types of building structures have been developed. This technology has proven its effectiveness in real conditions and is proposed for widespread implementation in construction practice. The results of this work are of great practical significance for the construction industry, as they significantly reduce the risk of building and structure failures, enhance their reliability, and extend their service life.

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

## Вступ

В багатьох країнах застосовується ін'єкційний метод підсилення та закріплення ґрунтів під основами і фундаментами з використанням різноманітних в'язучих розчинів, зокрема при спорудженні будівель на ґрунтах, які не мають достатнього рівня несучої здатності. Цей метод

дозволяє не тільки підсилити існуючу ділянку основи чи фундаменту, але й створити надійну протифільтраційну завісу та вирішити проблему усунення сповзання ґрунту на схилах. Традиційний ін'єкційний метод укріплення передбачає подачу стаціонарного потоку в'язучого розчину під визначеним постійним тиском за визначений проміжок часу. Однак, питання накладення додаткових періодичних силових гідравлічних імпульсів на стаціонарний потік розчину в будівельних технологіях ще недостатньо досліджене. Тому виникає необхідність обґрунтування ефективності гідроімпульсного ін'єкційного закріплення ґрунтових масивів і основ фундаментів. Аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що ін'єкційні методи поліпшення фізико-механічних характеристик ґрунтових масивів забезпечують високу надійність і несучу здатність основи, простоту використання, можливість локального застосування при реконструкції будівель та споруд, а також високу енергоефективність. Можливість використання гідроімпульсного ін'єкційного методу із застосуванням періодичного змінного тиску нагнітання в'язучого розчину ще недостатньо висвітлена у відомих літературних джерелах, і відсутнє обґрунтування переваг цього методу в будівництві. Тому виникла необхідність встановлення його доцільності та переваг, а також підтвердження ефективності у порівнянні з традиційним ін'єктуванням в'язучого розчину в ґрунт.

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

### Результати дослідження

У науково-дослідній лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету спільно із Хмельницькою філією Державного науково-вишукувального і проектного інституту «НДІПроектреконструкція» було проведено серію експериментальних досліджень нового технологічного обладнання для імпульсного нагнітання в'язучих розчинів у ґрунтовий масив. Для проведення досліджень використовувався спеціалізований експериментальний стенд, до складу якого входили: силовий нагнітальний агрегат з робочою камерою і напірною камерою, в яку подавався розчин скріпної рідини під певним статичним тиском. Далі цей розчин витискався у ґрунтовий масив із накладенням додаткових силових гідравлічних імпульсів зміни робочого тиску нагнітання.

Для створення періодичних гідравлічних імпульсів нагнітального агрегату використовувався дистанційний блок автоматичного керування генератором гідравлічних імпульсів тиску — імпульсний двокаскадний клапан-пульсатор. Частота повторення силових імпульсів нагнітання визначалась за осцилограмами переміщення плунжерного робочого органу, а тиск у нагнітальній камері контролювався сенсорами тиску.

Експериментальні дослідження радіуса розтікання розчину в ґрунтовий масив проводились на зразках дрібного щебеню з розмірами частинок 3...8 мм. Як технологічний розчин для силікатизації використовувався розчин, що містить гелеутворюючу речовину і складається з двох або трьох компонентів з в'язкістю, близькою до в'язкості води (2-5 спз) та з уповільненою тривалістю гелеутворення. До складу рецептури входили компоненти: силікат натрію та кремнефтористоводнева кислота.

При проведенні досліджень варіювалися наступні показники: тиск 0,3...0,5 МПа, амплітуда (частота повторення гідравлічних імпульсів) 1...7 Гц. Для експериментів було підготовлено дві ємності зі щебенем відповідного розміру. Експерименти проводилися у два етапи: на першому етапі нагнітання розчину здійснювалося завдяки статичному навантаженню силового плунжера нагнітального пристрою, на другому — додавалось силове імпульсне навантаження.

Результати показали, що зразки при гідроімпульсному нагнітанні були в 1,6...2,2 рази більшими за об'ємом, ніж зразки при статичному нагнітанні розчину. Також збільшився радіус розповсюдження розчину та 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.

### Висновки

Проведена експериментальна перевірка функціонування запропонованого гідроімпульсного обладнання, кількісне та якісне оцінювання параметрів і характеристик нагнітання технологічних

розчинів у ґрунтовий масив підтвердили можливість інтенсифікації технологічних процесів, таких як силікатизація ґрунтових масивів, а також ефективність роботи нового обладнання.

Порівняння результатів експериментальних досліджень, проведених на основі утворених у щелевій структурі тіл заповнення, показало, що гідроімпульсне нагнітання технологічних в'язучих розчинів у масив є більш ефективним. Це забезпечує якісне заповнення порожнин у щелеві, а тіла заповнення, утворені у товщі щелевеного масиву, мають значно більші розміри завдяки проникненню розчину на більшу глибину.

У підсумку, практичне застосування гідроімпульсного нагнітання забезпечить високу міцність ґрунтового масиву та більшу несучу здатність основ і фундаментів, що значно підвищить надійність і довговічність будівельних споруд.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Друкований М.Ф., Черний В.Г., Черний Г.І., Шокарев В.С.. Армування основ будівель і споруд. Вінниця: ВНТУ, 2006. 125 с.
2. Зоценко М.Л., Сухоросов І.М., Зоценко Л.М. Порівняльна характеристика фундаментів будівель і споруд із паль та на армованій основі. Міжвідомчий наук. техн. зб. наук. пр. (будівництво). Держ. наук. дослід. ін-т будівельних конструкцій Мінбуду України. К. : НДІБК, 2007. Вип. 66. С. 405 – 409.
3. Ковальський Р.К. Підсилення основ методом армування в умовах реконструкції. Будівельні конструкції: зб. наук. пр. К. : НДІБК, 2001. Вип. 54. С. 98 – 102.
4. Пат. № 63266. Україна, МПК8 E02B 3/00, E21B 43/16, E21B 20/00. Установа 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. Бадьора Н.П., Коц І.В. Порівняльний аналіз методів відновлення та підсилення ґрунтових масивів несучих основ споруд. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. 2013. № 4. С. 61-64.

**Трубаєнко Андрій Анатолійович** – аспірант, кафедра інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail : trubaenko@ukr.net

**Коц Іван Васильович** – канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail : ivvkots@ukr.net

**Trubaenko Andriy A.** – Postgraduate student of the Chair of engineering systems in construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : trubaenko@ukr.net

**Kots Ivan V.** – Ph.D. (Eng.), Professor of the Chair of engineering systems in construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail : ivvkots@ukr.net