

УДК 624.15

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.71018>

**ГОРИЗОНТАЛЬНЕ АРМУВАННЯ ҐРУНТІВ – ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ПІДСИЛЕННЯ ОСНОВ**

Асп. А.І. Юхименко

**ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ АРМИРОВАНИЕ ҐРУНТОВ – ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ**

Асп. А.И. Юхименко

**HORIZONTAL SOIL REINFORCEMENT - EFFECTIVE METHOD OF BASE STRENGTHENING**

**The post-graduate student A.I. Yukhymenko**

*Розроблена технологія укріплення слабких ґрунтів в горизонтальному напрямку бурозмішувальним способом, яка ефективно використовується для підсилення основ фундаментів при реконструкціях та при захисті пошкоджених будівель від подальших деформацій. Для реалізації даної технології розроблене відповідне устаткування та технологічне оснащення. Дані розробки впроваджені для різних цілей на 12 об'єктах.*

**Ключові слова:** слабкий ґрунт, деформація, укріплення ґрунтів, підсилення основ, горизонтальне армування, моніторинг.

*Разработана технология укрепления слабых ґрунтов в горизонтальном направлении буромесительным способом, которая эффективно используется для усиления оснований фундаментов при реконструкциях и при защите поврежденных зданий от дальнейших деформаций. Для реализации данной технологии разработано соответствующее оборудование и технологическая оснастка. Данные разработки внедрены для разных целей на 12 объектах.*

**Ключевые слова:** слабый ґрунт, деформація, укріплення ґрунтов, усиление оснований, горизонтальное армирование, мониторинг.

*The author developed the technology of stabilization of soft soil by horizontal reinforcement through boring and mixing method that is effectively used to reinforce foundations in the process of reconstruction and protection of damaged buildings against further deformation. Backbone of technology is subsurface mixing of destroyed soil with cement mortar. Crushed soil mixed with cement mortar fastens, then sets and turns into soil-cement reinforcing element with high strength and stiffness. To implement this technology relevant small-sized equipment and technique have been developed. These developments are implemented on 12 objects on different purposes.*

**Keywords:** *soft soil, deformation, soil stabilization, foundation reinforcement, horizontal reinforcement, monitoring.*

### **Вступ. Постановка проблеми.**

Укріплення ґрунтів завжди зажадане при будівництві та експлуатації будівель і споруд, особливо при влаштуванні штучних основ. Штучна основа з армуванням ґрунтів – гідна альтернатива пальовим фундаментам. Ефект такого армування полягає в тому, що в певний масив слабого або структурно-нестійкого ґрунту вводиться жорсткий матеріал з досить великим модулем деформації.

Закріплення ґрунтів армуванням застосовується в капітальному будівництві для підготовки основ, при реконструкції будівельних об'єктів, для підсилення основ деформованих будівель, для стабілізації зсувів і т.д. В капітальному будівництві з метою підготовки основи фундаментів армування ґрунтів здійснюється з використанням сучасної високопродуктивної техніки. Набагато складніше справа з армуванням ґрунтів виникає у процесі реконструкції існуючих об'єктів, а також при захисті пошкоджених будівель, споруд від подальших деформацій, де роботи виконуються частіше в обмежених умовах, в т.ч. в підвальних приміщеннях. В таких умовах застосування великогабаритної, високопродуктивної техніки вельми складно. До того ж така техніка орієнтована на вертикальне армування, тоді як при підсиленні основ існуючих будівель виникає необхідність в горизонтальному армуванні. Горизонтальне армування ґрунтів забезпечує можливість підсилення основ без зупинки експлуатації, без відселення мешканців, без руйнування вбудованих чи прибудованих приміщень.

### **Аналіз досліджень і публікацій.**

Горизонтальне армування основ може виконуватися різними способами. Спільним технологічним елементом для всіх способів горизонтального армування є влаштування котлованів із яких виконують горизонтальні армуючі елементи в ґрунті основи під фундаментами.

Одним із таких рішень є занурення в ґрунтову товщу під фундаментами в горизонтальному напрямку сталевих труб, які потім заповнюють бетоном [1]. Технологія такого армування базується на наступному. В котловані на рейкових напрямних монтують

силовий механізм (прес), за допомогою якого в ґрунтову товщу під фундаментами задавлюють трубу, спрямовану в горизонтальному напрямку. Потім цим же механізмом порціями в труби запресовують бетон. Система паралельних горизонтальних трубчатих конструкцій під фундаментами утворює шпальний розподільувач, який сприймає навантаження від будівлі та розподіляє його на ґрунт основи. При вдавлюванні трубчатої конструкції в ґрунт він видавлюється за межі зовнішньої поверхні труби і ущільнюється. Вдавлювання трубчатих конструкцій в ґрунт може виконуватися в декілька рядів по глибині. Таким чином за рахунок зміцнення шару ґрунту ущільненням і міцності та жорсткості металеві труби утворюються армуючі елементи високої несучої здатності. Різновидами такого армування в горизонтальному напрямку є вдавлювання замість труб різних конструктивних елементів, наприклад залізобетонних, прокатного профілю та ін.

Такий спосіб армування в горизонтальному напрямку ефективний для сприймання достатньо великих навантажень, але він має декілька недоліків: по-перше, потрібно мати велику потужність силової установки для статичного вдавлювання елементів армування на всю довжину (ширину) фундаментів будівель; по-друге, достатньо великі трудоемність, матеріаломісткість і вартість.

Відомі способи горизонтального армування ґрунтів з використанням пневмопробійників [2], за допомогою яких із котлованів утворюють горизонтальну порожнину. При ударно-поступальному проходженні під дією стисненого повітря снаряд пневмопробійника ґрунт витісняється на периферію і ущільнюється. Після утворення горизонтальної порожнини можливі два варіанти її заповнення. Перший – заповнення свердловини під тиском цементним або другим розчином в'язучого чи почерговою запресовкою за допомогою того ж пневмопробійника жорстких матеріалів. Другий – забивка конструкцій [3]. При цьому, для спрощення технології армування за допомогою пневмопробійників розроблені різні

способи та пристрої [4]. Ці технології горизонтального армування докладно розроблені і перевірені в інституті гірничої справи Сибірського відділення А.Н. бувшого ССРСР, але через значні трудомісткість, матеріалоємність, вартість та недостатню технологічність не знайшли широкого впровадження для підсилення основ при реконструкції та захисті деформованих будівель та споруд.

**Мета** даної праці – розробка ефективної технології горизонтального армування слабких та структурно-нестійких ґрунтів.

**Виклад основної частини розробки.** Найбільш ефективним способом укріплення ґрунтів армуванням є бурозмішувальна технологія, суть якої полягає у тому, що зруйнований ґрунт у товщі змішують із в'язучим розчином. Перемішаний подрібнений ґрунт із в'язучим розчином тужавіє, з часом твердіє і перетворюється в ґрунтоцемент високої міцності та жорсткості. У якості в'язучого розчину можуть бути різні в'язучі речовини, наприклад, водовапняний, але

найбільш ефективним є водоцементний, який забезпечує найбільшу міцність та жорсткість утвореного матеріалу внаслідок його змішування із зруйнованим ґрунтом.

Ефективність бурозмішувального способу укріплення ґрунтів обумовлюється наступним: порівняно низькими вартістю та матеріалоємністю, адже для утворення ґрунтоцементних армуючих елементів застосовують до 80-85% той же ґрунт, що укріплюється і тільки до 15-20% - цементу, невисокі також енерго-, матеріало- та машиноємність.

Оскільки ми орієнтуємося в основному на реконструкцію об'єктів та на захист існуючих будівель від деформацій, які, як правило, виконуються в стиснених умовах, для підсилення основ, складених слабкими ґрунтами, нами розроблені на рівні винаходів малогабаритні бурові станки горизонтального [5], вертикального та похилого буріння [6]. Конструкція горизонтального бурового станка показана на рис. 1.

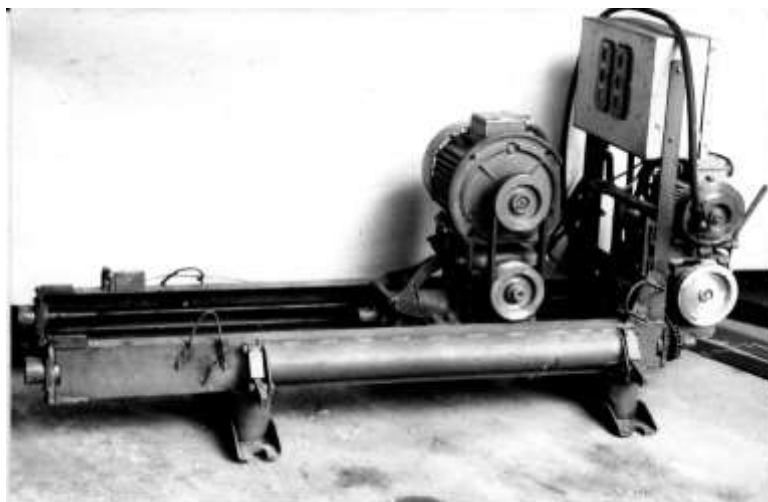


Рис. 1. Горизонтальний верстат УГЗ-300

Також нами розроблена на рівні винаходу бурозмішувальна технологія (БЗТ) укріплення ґрунтів основ армуванням в горизонтальному напрямку [7], яка полягає в наступному. Технологічна схема показана на рис. 2. Відкопують котлован 1 і на його дні установлюють малогабаритний станок горизонтального буріння 2, який обертає та переміщує в горизонтальному напрямку

порожнисту бурову штангу 3, на кінці якої закріплений робочий орган – бурозмішувач 4. При обертанні бурозмішувач руйнує ґрунт і одночасно в зону руйнування через вертлюг 6, яким оснащений буровий станок, по гнучкому рукаву 7 подається розчинонасосом 8 під тиском водоцементний розчин. Цей розчин замішується у розчиномішалці 9, в яку подають воду та цемент відповідно із ємностей 11 і 10. В

процесі одночасного руйнування ґрунту і подачі в зруйновану зону ґрунту водоцементного розчину, при обертанні бурозмішувача суміш ґрунту і розчину ретельно перемішується і при відповідному водоцементному відношенні (В/Ц) перетворюється в текучопластичну консистенцію. При одночасному осьовому переміщенні обертаючогося бурозмішувача текучопластична ґрунтоцементна суміш 12 утворюється на всій потрібній відстані. Після досягнення проектної відмітки бурові штанги і бурозмішувач витягають із одночасним обертанням для кращого перемішування суміші.

Ґрунтоцементна суміш із часом тужавіє та твердіє і перетворюється в армуючий ґрунтоцементний елемент (ГЦЕ) високої міцності та жорсткості.

При необхідності, наприклад для збільшення опору ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ) на згин їх можна підсилувати жорсткими конструкціями [8], які буровими станками занурюються посекційно в середовище текучопластичної ґрунтоцементної суміші відразу після виймання бурової штанги із бурозмішувачем.

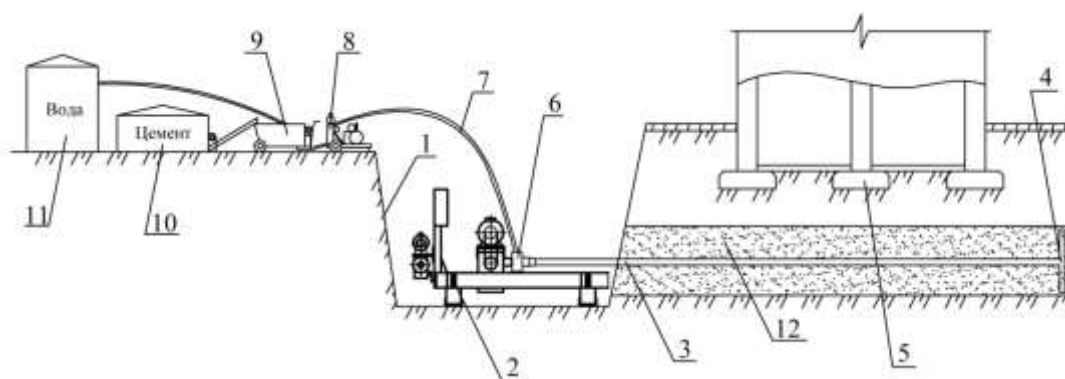


Рис. 2. Технологічна схема горизонтального армування ґрунтів:

- 1 – котлован; 2 – станок горизонтального буріння; 3 – порожниста бурова штанга; 4 – бурозцішувач; 5 – фундамент; 6 – вертлюг; 7 – рукав; 8 – розчинозмішувач; 9 – розчиномішалка; 10 – цементна ємність; 11 – цистерна з водою; 12 – ґрунтоцементна суміш

Міцність та жорсткість ГЦЕ залежить від багатьох чинників – числа пластичності укріплюючого ґрунту, початкової вологості ґрунту, щільності скелету ґрунту та ін., але в найбільшій мірі – від процентного відношення ґрунт-цемент і може змінюватися в широких межах. Наприклад, при вмісті цементу в межах 15...20 % модуль деформації  $E$  може змінюватися в межах  $E = 400...550$  МПа, а призмova міцність  $R_n = 2,5...3,2$  Мпа. Підвищення механічних характеристик ґрунтоцементу в залежності від вмісту цементу уповільнюється з досяганням величини у 20 %, тобто цей вміст цементу слід вважати оптимальним при використанні ґрунтоцементу для армування ґрунту [9].

Розроблена технологія горизонтального армування впроваджена на 12 об'єктах для різних цілей, із них: 4 об'єкти – реконструкція; 5 об'єктів – підсилення основ фундаментів

деформованих будівель; 3 об'єкти – капітальне будівництво. Оскільки БЗТ армування ґрунтів частково включає мокрий процес, при підсиленні основ діючих будівель виконують моніторинг за можливими осіданнями фундаментів за допомогою геодезичного нівелювання та автоматизованої системи "Моніторинг" [10].

#### Висновки:

1. Підсилення основ пошкоджених будівель, споруд для захисту їх від подальшої деформації, а також при реконструкції об'єктів для компенсації дефіциту несучої здатності основи при додаванні навантаження найбільш раціонально виконувати горизонтальним армуванням ґрунтів по бурозмішувальній технології укріплення ґрунтів.

2. Розроблена технологія укріплення ґрунтів основ армуванням бурозмішувальним способом в горизонтальному напрямку.

3. Для реалізації технології горизонтального армування ґрунтів основ розроблені та виготовлені відповідно малогабаритні станки горизонтального буріння ґрунтів, які досить добре використовуються в стиснених умовах у т.ч. в підвальних приміщеннях.

4. Розроблені технологія, устаткування та технологічне оснащення по горизонтальному армуванню ґрунтів впроваджені на 12 об'єктах

для різних цілей: підсилення основ при реконструкції – для захисту будівель від подальших деформацій, в капітальному будівництві – для підготовки основ фундаментів. Все це відбувалося без пошкодження будівельних конструкцій, без зупинки діючих виробництв та без відселення людей.

### Список використаних джерел

1. Саурин, А.Н. Основания фундаментов – шпальный распределитель [Текст] / А.Н. Саурин, Ю.А. Багдасаров // Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям. – М., 2000. – С. 80-83.

2. Янковский, Л.В. Разработка метода закрепления оснований ленточных фундаментов при реконструкции [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук / Л.В. Янковский. – Пермь, 1991. – 19 с.

3. Бартоломей, А.А. Технология усиления оснований фундаментов с помощью управляемых пневмопробойников [Текст] / А.А. Бартоломей, Л.В. Янковский // Устройство и усиление фундаментов с улучшением строительных свойств грунтов оснований. – Пенза: ПДЭНТЗ, 1991. – 132 с.

4. Белоногов, Л.Б. Применение пневмопробойников для усиления фундаментов [Текст] / Л.Б. Белоногов, Л.В. Янковский // Расчет и проектирование свай и свайных фундаментов. Труды II Всесоюзной конференции «Современные проблемы фундаментостроения в СССР». – Пермь: Пермский политехнический институт, 1990. – 138 с.

5. Установка для горизонтальної проходки в ґрунтах [Текст]: патент України №73030,Е21В3/00 / Самченко Р.В., Павлов І.Д., Степура І.В., Юхименко А.І. (Україна). - №201201857; Заява 20.02.2012; Опубл. 10.09.2012, Бюл. №17. – 2012. – 4 с.

6. Буровий верстат [Текст]: патент України №73991,Е21В3/00 / Самченко Р.В., Степура І.В., Шокарев В.С., Павленко В.П., Павлов А.В., Юхименко А.І., Мунь А.А. (Україна). - №201204614; Заява 12.04.2012; Опубл. 10.10.2012, Бюл. №19. – 2012. – 4 с.

7. Спосіб горизонтального армування ґрунтів [Текст]: патент України №73103,Е02Д3/12 / Самченко Р.В., Шокарев В.С., Павлов І.Д., Юхименко А.І., Степура І.В. (Україна). - №201202618; Заява 05.03.2012; Опубл. 10.09.2012, Бюл. №17. – 2012. – 4 с.

8. Установка для проходки в ґрунтах [Текст]: патент України №84177, Е21В3/00 / Юхименко А.І., Павлов І.Д., Самченко Р.В., Степура І.В. (Україна). - u2013 05182; Заява 22.04.2013; Опубл. 10.10.2013, Бюл. №19. – 2013. – 3 с.

9. Експериментальні дослідження, будівельні властивості ґрунтів [Текст] / Н.Л. Зоценко, Ю.Л. Виников, І.І. Ларцева [та ін.] // Світ геотехніки. – 2008. – №2. – С. 14-18.

10. Шокарев, В.С. Автоматизированная измерительно-информационная система для мониторинга строительных объектов [Текст] / В.С. Шокарев, В.И. Чаплыгин, С.В. Хилько, А.В. Пограничный // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2004. – Вип. 61. – С. 496-501.

Рецензент д-р техн. наук, професор В.А. Банах

---

Юхименко Артем Ігоревич, аспірант, асистент кафедри промислового та цивільного будівництва, Запорізька державна інженерна академія. Тел.: (095) 447-13-65, (0612) 42-95-58. E-mail: winner.wcar@gmail.com.

Yukhymenko Artem Igorevich, the post-graduate student, assistant of department of industrial and civil construction, faculty of water resources and construction, Zaporozhye State Engineering Academy Tel.: (095) 447-13-65, (0612) 42-95-58. E-mail: winner.wcar@gmail.com.