

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**ЮХИМЕНКО АРТЕМ ІГОРОВИЧ**



**УДК 69.059.3:624.138.23**

**ТЕХНОЛОГІЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО БУРОЗМІШУВАЛЬНОГО**  
**АРМУВАННЯ ҐРУНТІВ ОСНОВ СПОРУД**

05.23.08 - технологія та організація  
промислового та цивільного будівництва

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Одеса – 2017**

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Запорізькій державній інженерній академії Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Павлов Іван Дмитрович,**  
Запорізька державна інженерна академія,  
МОН України (м. Запоріжжя),  
професор кафедри промислового та  
цивільного будівництва

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, доцент  
**Галушко Валентина Олександрівна,**  
Одеська державна академія будівництва та  
архітектури, МОН України (м. Одеса),  
професор кафедри технології будівельного  
виробництва

кандидат технічних наук, доцент  
**Грецький Денис Володимирович,**  
Черкаський державний технологічний  
університет, МОН України (м. Черкаси),  
декан будівельного факультету

Захист відбудеться «27» червня 2017 р. об 11<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.085.03 Одеської державної академії будівництва та архітектури за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської державної академії будівництва та архітектури за адресою: 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.

Автореферат розісланий «26» травня 2017 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради Д 41.085.03  
к.т.н., доцент



В.М. Пивонос

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Суть наукової задачі.** Підвищення ефективності підсилення основ фундаментів при відновленні деформованих будівель та при реконструкції будівельних об'єктів шляхом розробки технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів із застосуванням розроблених інноваційних конструктивно-технологічних рішень.

**Актуальність теми.** На даний час будівельна сфера в Україні знаходиться в тяжкому стані. Капітальне будівництво звелось до мінімальних обсягів, натомість з кожним роком збільшується кількість деформованих будівель та споруд внаслідок нерівномірних деформацій основ через негативний вплив техногенних чинників на властивості ґрунтів, що потребує ефективних технологій по стабілізації деформацій. Деформований стан будівель необхідно терміново усувати з метою попередження збільшення подальших деформацій, які можуть призводити до руйнування конструкцій. Окрім того, Україну очікує велика проблема реконструкції житлових будинків перших масових серій забудови 50 – 60-х років минулого сторіччя, що пов'язано із додатковими навантаженнями на основи, які необхідно підсилювати. Тому питання збереження та підтримки будівельного фонду в належному стані повинно бути державним пріоритетом. Звідси витікають завдання по розробці ефективних інноваційних технологій та технологічного оснащення для відновлення деформованих будівель та для реконструкції об'єктів. Розроблена технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів при підсиленні основ забезпечує можливість відновлення пошкоджених будівель без відселення мешканців на період відновлювальних робіт, що важливо за умов значних проблем із переселенським фондом та морально-психологічним станом людей при переселенні. В основі розробленої технології лежить бурозмішувальний метод укріплення ґрунтів, що обумовлює високу ефективність за рахунок низьких матеріало-, машино-, енергоємності. Оскільки при підсиленні основ деформованих будівель використовується лише 15-25% цементу, інші 75-85% - це той же ґрунт в масиві, що укріплюється. При цьому забезпечується високі міцність та жорсткість армоелементів, які не розмокають у воді. Технологія забезпечує підсилення основ деформованих будівель при високій вологості ґрунтів, у т.ч. обводнених.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Нормативно-інформаційною основою досліджень, яка відображає його зв'язок з науковими, виробничими та соціально значущими програмами та темами, є: Постанова Кабінету Міністрів України від 14.05.1999 р. № 820 «Про заходи щодо реконструкції житлових будинків перших масових серій»; Постанова Верховної Ради України від 24.12.1999 р. № 1359-XIV «Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів»; Закон України від 24.06.2004 р. № 1869-IV «Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004-2010 роки»; Закон України від 22.12.2006 р. № 525-V «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду».

Дисертаційна робота виконувалася у рамках кафедральних держбюджетних тем: №21-1ДВ/11 «Багатоцільова селектоновація організаційно-технологічних рішень на основі дослідження ресурсозберігаючих технологій відновлення, реконс-

трукції та зведення будівель та споруд» (виконавець, 2013-2014 рр.), №21-1ДВ/15 «Розробка та удосконалення організаційно-технологічних рішень будівельно-відновлювальних робіт з використанням ресурсо- та енергозберігаючих технологій» (виконавець, 2015-2017 рр.).

Дана дисертаційна робота за змістом досліджень та спрямованістю результатів відповідає чинному паспорту спеціальності 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва», а саме таким пунктами в порядку пріоритетності в даній роботі: по *пункту 1* «Наукові основи створення та вдосконалення технології ... будівельно-монтажних процесів, пов'язаних із ... реконструкцією ... будинків, споруд і комплексів, зокрема в особливих умовах» - по змісту всіх розділів дисертації; по *пункту 6* «Шляхи зниження ... трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції» - по змісту розділів 3-4.

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є розробка технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів для підвищення ефективності підсилення основ фундаментів деформованих будівель, споруд при відновленні експлуатаційної спроможності, а також при реконструкції об'єктів.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз джерел інформації зі стану технологій укріплення ґрунтів основ споруд та визначити науково-технічний рівень розвитку технології горизонтального укріплення ґрунтів бурозмішувальним методом;
- обґрунтувати необхідність і ефективність технології підсилення основ укріпленням ґрунтів горизонтальним армуванням ґрунтів по бурозмішувальному методу;
- розробити нові та удосконалити існуючі елементи горизонтального бурозмішувального методу армування ґрунтів;
- розробити нові та удосконалити існуючі обладнання та технологічне оснащення для виконання технології горизонтального бурозмішувального методу армування ґрунтів;
- дослідити вплив технологічних факторів на процес укріплення ґрунтів основ горизонтальним бурозмішувальним армуванням;
- розробити технологічну карту на виконання нових технологічних процесів горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд;
- визначити техніко – економічну ефективність технології горизонтального бурозмішувального методу армування ґрунтів;
- випробувати і впровадити розроблену технологію горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ.

**Об'єкт дослідження** – технологічні процеси горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд.

**Предмет дослідження** – технологічні параметри процесу армування ґрунтів при підсиленні основ деформованих будівель, споруд та при реконструкції об'єктів.

**Методи дослідження:** аналітичний метод обробки інформації – для вивчення існуючих технологій підсилення основ споруд; метод проведення натурних експериментів – для контролю за процесом влаштування та формування горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів; експериментальні дослідження – для визначення впливу технологічних факторів на процес укріплення ґрунтів; лабораторні дослідження – для визначення механічних характеристик ґрунтоцементу.

Державні будівельні норми України, періодичні видання, збірники наукових праць, монографії та публікації вітчизняних та зарубіжних вчених склали теоретичну та методологічну базу досліджень.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає в наступному:

*вперше:*

- розроблено новий принцип здійснення технологічних бурозмішувальних процесів при армуванні ґрунтів ґрунтоцементними армоелементами, при якому кожний елементарний об'єм укріплюючого ґрунту піддається багаторазовій обробці бурозмішувальними процесами – руйнуванню структури ґрунту, його подрібненню, насиченню водоцементною суспензією та перемішуванню ґрунтоцементної суміші ;

- представлені результати дослідження процесу руйнування структури ґрунту, а саме, отримано залежність товщини стружки різання від технологічних факторів – лінійної та обертальної швидкостей рухів бурозмішувача;

- представлені результати дослідження впливу технологічних факторів на процес утворення в ґрунтовій товщі горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів та отримані залежності такого впливу на формування механічних характеристик ґрунтоцементу: питомого опору зрушенню, твердості та призмової міцності;

*удосконалено:*

- метод підсилення ґрунтоцементних армоелементів жорсткими конструкціями;

- процес забезпечення горизонтальності та паралельності утворення суміжних ґрунтоцементних армоелементів;

- конструктивно-технологічне устаткування та оснащення;

*отримала подальший розвиток* методика контролю якості підсилення основ споруд укріпленням ґрунтів горизонтальним бурозмішувальним армуванням.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає: в зміні технологічних процесів бурозмішування, що суттєво покращують якість формування горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів; в розроблені технології укріплення ґрунтів при відновленні деформованих будівель та при реконструкції об'єктів в стиснених умовах; у розробці інноваційних рішень технологічного оснащення та обладнання для підвищення ефективності та зменшення трудомісткості підсилення основ.

Результати досліджень і розробок використані на ряді об'єктів: при стабілізації деформацій виниклих в процесі будівництва кафе «Вікторія» (нині ресторана «Рів'єра») в м. Дніпро (довідка №30-17 від 10.01.2017 р., видана ТОВ «Солід»); при відновленні експлуатаційної спроможності деформованої будівлі навчально-виховного комплексу в с. Ряске Машівського району Полтавської області (довідка №60-11-565 від 17.03.2017 р., видана Полтавським національно технічним університетом ім. Ю. Кондратюка); при реконструкції із надбудовою поверху готелю «Дніпро» у м. Запоріжжя (довідка №01-28/439 від 13.03.2017 р., видана Запорізькою державною інженерною академією).

**Особистий внесок здобувача:** обґрунтована доцільність укріплення ґрунтів горизонтальним армуванням за бурозмішувальним методом; розроблено новий принцип здійснення технологічних процесів бурозмішування; досліджено вплив технологічних факторів на процес утворення в ґрунтовій товщі горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів та на процес формування механічних характеристик;

розробка інноваційних рішень по нових та удосконаленню існуючих способів технології горизонтального підсилення основ, технологічного оснащення та устаткування; впровадженні розроблених нових та удосконалених існуючих способів технології та технологічного оснащення, новизна яких у більшості захищена патентами.

Внесок здобувача в роботах, опублікованих у співавторстві, відображений у списку літератури.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати дисертаційних досліджень, доповідалися і отримали позитивну оцінку на міжнародних та вітчизняних науково-технічних конференціях: III Международная научно-техническая интернет-конференция «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства» (м. Харків, 2012); научно-техническая конференция «Иновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике» (г. Москва, 2013); Міжнародна науково-практична конференція «Україна - Польща: діалог культур в контексті євроінтеграції» (м. Запоріжжя, 2014); IV Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Будівництво, реконструкція і відновлення будівель міського господарства» (м. Харків, 2014); Міжнародна науково-технічна конференція «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті» (м. Харків, 2014); IX Всеукраїнська науково-технічна конференція «Механіка ґрунтів, геотехніка та фундаментобудування»: «Проблеми, інновації та імплементації Єврокодів в Україні» (м. Дніпро, 2016).

**Публікації.** Основні результати дисертації опубліковані в 23 печатних роботах, в т.ч. 4 – у фахових виданнях України, 2 статті надруковані у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, отримано 9 патентів України на корисну модель, 4 тези доповідей конференцій та 4 додаткові публікації.

**Структура роботи.** Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних інформаційних джерел в кількості 134 та 5 додатків. Дисертація включає 17 таблиць і 75 рисунків. Загальний об'єм дисертаційної роботи складає 212 сторінок, з яких 138 сторінок основного тексту.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглянута загальна характеристика роботи: актуальність теми дисертаційної роботи, зв'язок з науковими програмами і темами, сформульовані мета й основні задачі досліджень, розкриті новизна та практичне значення отриманих результатів, а також особистий внесок автора. Представлено інформацію щодо апробації та впровадження роботи, кількості публікацій, а також щодо обсягу дисертаційної роботи.

В першому розділі "Аналіз технологій укріплення ґрунтів при підсиленні основ споруд та завдання досліджень" наведені результати аналізу науково-технічних джерел по темі досліджень. Аналіз інформаційних джерел показав: існування досить широкого спектру методів укріплення слабких та структурно-нестійких ґрунтів, які залягають майже на 80% території України та доставляють значні проблеми як при проектуванні будівельних об'єктів, так і при їх експлуатації. Укріплення ґрунтів з метою підсилення основ - питання багатогранне, воно включає як методи, так і організаційно-технологічні шляхи його вирішення. Тому багато відомих наукових

шкіл, організацій займаються даним питанням, що свідчить про його масштабність, різноманітність та проблемність. Значна кількість вчених присвятили свою працю вирішенню цієї проблеми. Серед них є: Абелев Ю.М., Абелев М.Ю., Ананьєв В.П., Гольдштейн М.Н., Галушко О.М., Галушко В.О., Грецький Д.В., Денисов Н.Я., Друкований М.Ф., Єсипенко А.Д., Кірнос В.М., Клепиков С.М., Крутов В.І., Літвінов І.М., Літвінов О.О., Лівінський О.М., Менейлюк О.І., Пшінько О.М., Радкевич А.В., Ржаніцин Б.О., Руденко А.А., Тугаєнко Ю.Ф., Тяг Р.Б., Шалений В.Т., Швець В.Б., Школа О.В. та ін.

Виділяючи окремо напрямок укріплення ґрунтів цементацією, зокрема бурозмішувальний спосіб армування ґрунтів, якому здобувач присвятив тему дисертаційної роботи, слідує відмітити таких вчених та спеціалістів як: Безрук В.М., Великодний Ю. Й., Винников Ю.Л., Зоценко М.Л., Крисан В.І., Ларцева І.І., Малінін А.Г., Міхальській Т.І., Мотузов Я.Я., Павлов А.В., Ручьов Т.І., Соколович Е.В., Теліна Л.А., Токін А.Н., Толкачев Л.А., Трегуб А.С., Циганков П.Е., Шокарев В.С., Яковлев В.А., які внесли суттєвий вклад в розвиток даного методу укріплення ґрунтів.

На основі аналізу науково-технічних джерел встановлено, що укріплення слабких ґрунтів вертикальним армуванням за бурозмішувальним методом (БЗМ) являється ефективним методом, який знаходить широке впровадження для укріплення ґрунтів основ в капітальному будівництві. Але для укріплення ґрунтів основ деформованих будівель і при реконструкції будівельних об'єктів, тобто для підсилення основ існуючих будівель, більш прийнятна технологія армування ґрунтів в горизонтальному напрямку. Технологічна схема існуючої технології показана на рис. 1.

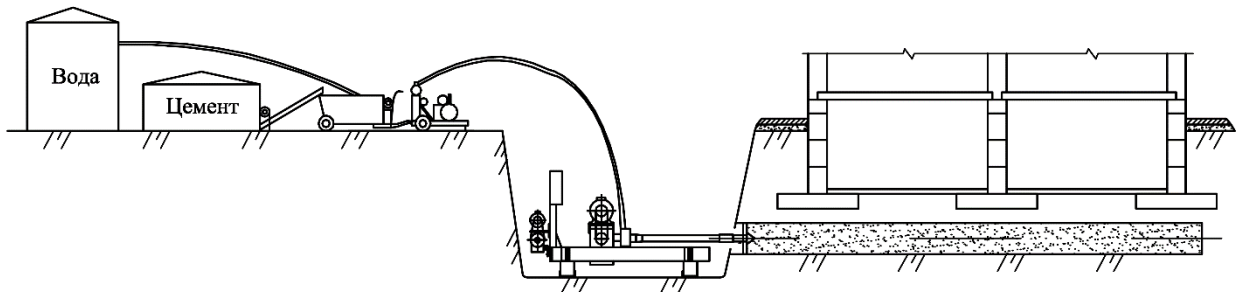


Рис.1. Технологічна схема утворення горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів



Рис.2. Процес початку утворення ГЦЕ існуючим бурозмішувачем

Горизонтальні ґрунтоцементні елементи (ГЦЕ) утворюють наступними технологічними операціями: руйнуванням структури ґрунту без його виносу на поверхню, насиченням зруйнованого ґрунту водоцементною суспензією та перемішуванням ґрунтоцементної суміші. Перераховані технологічні операції виконують одночасно однолопатевим бурозмішувачем із плоскою пластиною для руйнування ґрунту (рис.2). Технологія горизонтального армування за БЗМ знаходиться на початковому етапі свого розвитку і потребує суттєвих інноваційних розробок і досліджень. Експериментальними дослідженнями виявлений ряд недоліків, встановлені технологічні резерви підвищення ефективності, намі-

чені та реалізовані шляхи розробки та досліджень нових на рівні винаходів інноваційних конструктивно-технологічних рішень (табл.1).

Таблиця 1

Технологічні резерви підвищення ефективності  
горизонтального армування ґрунтів і план їх реалізації

№	Найменування резерву	Можливий ефект від реалізації	Шляхи реалізації
1	Розробка нового принципу здійснення технологічних процесів бурозмішування	а) рівномірне розподілення цементних частинок; б) покращення якості ГЦЕ в) зниження трудомісткості	Трьохсекційна конструкція бурозмішувача
2	Зміна процесів різання та подрібнення ґрунту	а) зменшення опору руйнуванню ґрунту; б) збільшення довжини проходки бурозмішувачем	Висхідні ріжучі ребра руйнівної секції бурозмішувача зі зміною кута нахилу ріжучих ребер
3	Перехід від одношвидкісних осьового та обертального рухів бурозмішувача до трьохшвидкісних	а) встановлення раціональних технологічних режимів армування в залежності від стану ґрунтів; б) унеможливлення виникнення "мертвих зон" при утворенні ГЦЕ	Наділення механізмів осьового переміщення та обертання станка горизонтального буріння трьохступінчастими ремінними передачами
4	Вдосконалення механізму переміщення горизонтального бурового станка по рейковим напрямним	а) підвищення технологічності переміщення бурового станка; б) механічне забезпечення паралельності суміжних ГЦЕ в) зниження трудомісткості	Оснащення механізму переміщення роликоточення в зазорах між кутниковими полосами рейкових напрямних
5	Фіксація в ґрунтовій товщі бурозмішувача в горизонтальному положенні при осьовому переміщенні та обертанні при утворенні ГЦЕ	Забезпечення прямолінійності ГЦЕ при їх утворенні	Наділення бурозмішувача спіралеподібною подовженою направляючою

**В другому розділі "Обґрунтування напряму, методика розробок та досліджень"** на базі аналізу стану питань по ефективності укріплення основ відновлюваних деформованих будівель обґрунтований напрям досліджень, сформульовано наукову гіпотезу, розроблена загальна методика досліджень та запропоновані методики вирішення окремих задач, зокрема, визначені шляхи стабілізації деформацій основ деформованих будівель, методика підбору складових ґрунтоцементної суміші при утворенні ГЦЕ, методика проведення експериментальних досліджень, методика контролю якості утворених ГЦЕ.



*Наукова гіпотеза* роботи полягає у припущенні, що для суттєвого підвищення ефективності підсилення ґрунтів бурозмішувальним методом необхідно змінити принцип здійснення технологічних процесів бурозмішування, що може бути реалізовано розробкою та застосуванням конструктивно-технологічного обладнання та оснащення, які забезпечать багаторазову обробку кожного елементарного об'єму укріплюючого ґрунту руйнуванням структури, подрібненням зруйнованого ґрунту, насиченням подрібненого ґрунту водоцементною суспензією і перемішуванням ґрунтоцементної суміші, що докорінно змінить сутність бурозмішувального методу укріплення ґрунтів і, як наслідок, суттєво покращить якість армування ґрунтів, знизить трудомісткість виконання робіт та підвищить їх технологічність.

Бурозмішувальний метод є одним із найбільш перспективних способів укріплення основ діючих будівель як при відновленні їх деформованого стану, так і при реконструкції будівельних об'єктів для компенсації дефіциту несучої здатності при збільшенні навантажень на основи. При цьому показані переваги технології підсилення основ укріпленням ґрунтів горизонтальним армуванням, які полягають в наступному. По-перше, ця технологія дозволяє укріплювати основи деформованих будівель, не порушуючи їх конструкцій. Вказаний ефект відбувається внаслідок утворення горизонтальних армоелементів в основі під всією площиною фундаментів в пятні будівлі за рахунок їх утворення із котлованів, виготовлених за межами будівлі (див.рис.1). По-друге, укріплення основ відновлюваних деформованих будівель завдяки цьому ж аргументу можна здійснювати без відселення мешканців житлових будинків та без зупинки діяльності об'єктів. По-третє, технологія горизонтального армування досить добре адаптоване до бурозмішувального методу укріплення ґрунтів. Ефективність цього методу полягає в низьких матеріало-, машино-, енергоємності. При зміцненні ґрунтів із застосуванням даного методу використовується лише 15-25% цемент, а решта 75-85% - той же ґрунт в масиві, що укріплюється.

В розділі показано, що ефект підсилення основ технологією горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ полягає за рахунок, по-перше – збільшення середньо виважених характеристик міцності та деформативності армованих основ, по-друге – зменшення тиску на підстильні шари ґрунту внаслідок збільшення площі умовного фундаменту.

Для реалізації анонсованих переваг підсилення основ горизонтальним армуванням ґрунтів за бурозмішувальним методом запропонована концепція розробок та досліджень дисертаційної роботи, яка відображена в блок-схемі (рис.3). Ознайомившись із працями по даній тематиці, зроблений висновок, що в існуючій технології горизонтального армування ґрунтів при підсиленні основ деформованих будівель необхідно змінити принцип здійснення бурозмішувальних процесів. Дана задача може бути вирішена шляхом розробки нових та вдосконаленням існуючого технологічного обладнання та оснащення.

Розкрита методика вирішення окремих задач, а саме:

1. Визначені шляхи вирішення стабілізації осідань фундаментів деформованих будівель та споруд.

2. На основі аналізу, проведеного в першому розділі визначена методика розробки нового та удосконалення існуючого устаткування та оснащення у відповідності із визначеними технологічними резервами, зокрема:



Рис.3. Блок-схема розробок та досліджень

- розроблення нової конструкції бурозмішувача має значно знизити тривалість влаштування ГЦЕ; покращити якість їх утворення; забезпечити оптимальні навантаження на роботу станка горизонтального буріння;

- удосконалення станка горизонтального буріння має забезпечити можливість раціонального вибору технологічних режимів армування в залежності від фізичного стану ґрунтів; має знизити трудомісткість та підвищити технологічність операцій пов'язаних з процесами бурозмішування.

Так як основною складовою ґрунтоцементної суміші є цемент, рекомендований спосіб визначення його вмісту та була наведена методика визначення складових ґрунтоцементної суміші, а саме: оптимальна вологість, водоцементне відношення, об'єм ґрунтоцементної суміші на один погонний метр ГЦЕ.

Визначено методику проведення експериментальних досліджень розробленої технології, які включали в себе наступні етапи: дослідження функцій розроблених елементів устаткування та оснащення; дослідження процесів бурозмішування; дослідження впливу технологічних чинників на процес утворення ГЦЕ та на формування властивостей ґрунтоцементу; дослідження механічних характеристик ґрунтоцементу.

У третьому розділі "Розробка технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд та її експериментальні дослідження" представлені результати розробки технології та удосконалення технологічного оснащення, якими обумовлюються та втілюються ці розробки. Реалізація резервів по підвищенню ефективності бурозмішувального методу укріплення ґрунтів та шляхів розробки технології горизонтального армування ґрунтів основи, зазначених у табл.1, полягають в наступному. В першу чергу розроблені, виготовлені та перевірені основні технологічні оснащення та устаткування. Для покращення умов здійснення технологічних процесів бурозмішування розроблена та виготовлена нова конструкція бурозмішувача (патент України №73029), яка складається із трьох лопатей, жорстко з'єднаних між собою (рис.4). Права лопать утворена низхідними ріжучими пластинами із кутом їх підймання від  $0^\circ$  до максимальної величини  $\alpha$ , що дає можливість поступового вривання в товщу ґрунту та його руйнування при обертанні і лінійному переміщенні. Це суттєво зменшує опір проходженню бурозмішувача по довжині утворення ГЦЕ. Така конструкція бурозмішувача змінює технологічні процеси бурозмішування, чим значно знижується трудомісткість виконання робіт, тому що виключається необхідність повторної проходки на відміну від застосування існуючого однолопатевого бурозмішувача для досягнення рівномірного розподілу цементних часток по довжині та перерізу. Окрім того, виключається утворення "мертвих зон".

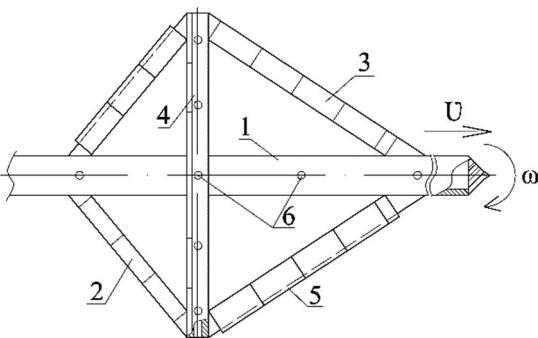


Рис.4. Конструктивно-технологічна схема нового трилопатевого бурозмішувача: 1 – корпус; 2 – права секція; 3 – ліва секція; 4 – середня секція; 5 – ріжучі пластини; 6 – отвори;  $v$  - лінійна швидкість;  $\omega$  - швидкість обертань

з'єднаних між собою (рис.4). Права лопать утворена низхідними ріжучими пластинами із кутом їх підймання від  $0^\circ$  до максимальної величини  $\alpha$ , що дає можливість поступового вривання в товщу ґрунту та його руйнування при обертанні і лінійному переміщенні. Це суттєво зменшує опір проходженню бурозмішувача по довжині утворення ГЦЕ. Така конструкція бурозмішувача змінює технологічні процеси бурозмішування, чим значно знижується трудомісткість виконання робіт, тому що виключається необхідність повторної проходки на відміну від застосування існуючого однолопатевого бурозмішувача для досягнення рівномірного розподілу цементних часток по довжині та перерізу. Окрім того, виключається утворення "мертвих зон".

Утворення горизонтальних ГЦЕ виконують горизонтальними буровими станками. Існуючі станки наділені одноступінчатими робочими швидкостями як лінійного (осьового) переміщення робочого органу (бурозмішувача), так і обертального руху. Для горизонтального армування ґрунтів одноступінчатих швидкостей вказаних рухів недостатньо. Тому для встановлення раціональних режимів технології утворення ГЦЕ в різних ґрунтових умовах по вологості, щільності, пластичності та ін., а також для формування ґрунтоцементних армоелементів із потрібними механічними характеристиками горизонтальний буровий станок нами удосконалений (патент України №101409) тим, що механізми осьового переміщення бурозмішувача та обертального руху оснащені тріступінчатыми редукторами (рис.5). Окрім того, для підвищення технологічності та зменшення тривалості переміщення бурового станка по рейковим напрямним від однієї точки утворення ГЦЕ до іншої і встановлення при цьому механічного забезпечення паралельності суміжних ГЦЕ запропонований спеціальний механізм (патент України №73030), показаний на рис.5г. Переміщення станка відбувається коченням роликів в зазорах між кутниками напрямних, що забезпечує переміщення станка без перекосів на відміну від пересування станків за існуючою технологією за допомогою ломів, що відбувається з перекосами та подальшим їх виставленням з допомогою спеціального обладнання для забезпечення паралельності суміжних армоелементів, що призводить до збільшення тривалості даної технологічної операції.

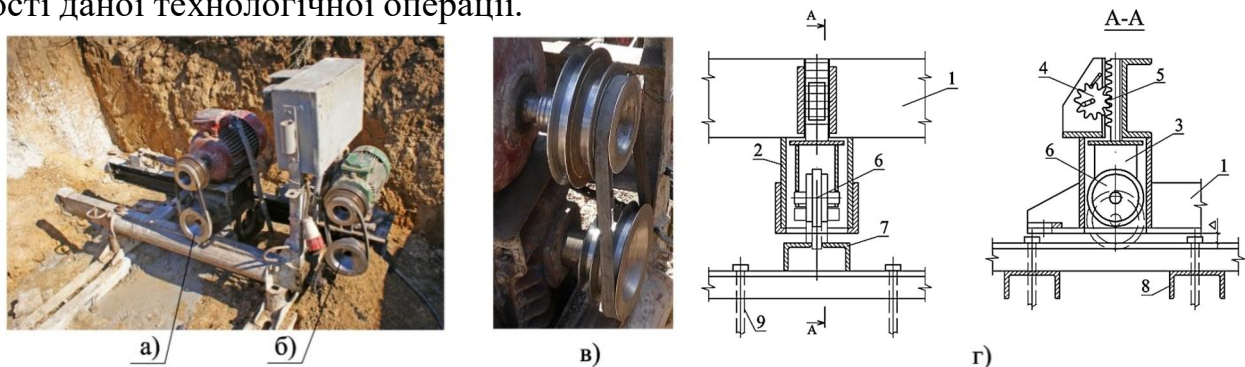


Рис.5. Конструктивно-технологічні особливості удосконаленого трьохшвидкісного станка горизонтального буріння:

а) механізм обертання робочого органу; б) механізм лінійного руху робочого органу; в) трьохшвидкісний механізм обертального руху бурового станка; г) Механізм переміщення бурового станка по рейковим напрямним; 1 – станина; 2 – циліндр; 3 – корпус; 4 – зубчате колесо; 5 – зубчата рейка; 6 - ролик кочення; 7 – кутникові напрямні; 8 – шпали; 9 – штирі

Розроблені конструктивна-технологічні рішення значно покращують технологічні показники (табл.2).

Відновлення деформованих та аварійних будівель, а також реконструкція об'єктів частіше відбуваються в стиснених умовах щільної забудови, де налагоджена інфраструктура, оформлені зелені насадження, які необхідно зберегти, тому виникає проблема із відкопкою котлована для утворення горизонтальних армоелементів в товщі ґрунту під фундаментами. Ця обставина спонукає утворювати котлован обмежених розмірів та приблизити його укоси до фундаментів будівлі. Звідси вини-

Порівняння технологічних показників існуючих та розроблених рішень

Технологічні показники	Влаштування 1 м.п. ГЦЕ		Переміщення від однієї точки влаштування ГЦЕ до суміжної	
	Існуюча технологія	Розроблена технологія	Існуюча технологія	Розроблена технологія
t – середня тривалість процесу, хв.	15	10	10	5
T – трудомісткість, люд.-хв./маш.-хв.	45/30	30/20	20/-	10/5
N – кількість виконавців, чол.	3	3	2	2

кає питання захисту фундаментів від зсуву, тим більше, що відновлення деформованих будівель частіше необхідно виконувати без відселення мешканців на період відновлюваних робіт через проблему переселенческого фонду. Аналогічна ситуація виникає при реконструкції об'єктів, коли необхідно виконати підсилення основи фундаментів при збільшенні навантажень без зупинки діяльності виробництва.

Для вирішення даної проблеми нами розроблена технологія (патент України №833660) підсилення основ фундаментів в стиснених умовах укріпленням ґрунтів армуванням горизонтальними ГЦЕ, технологічна схема якого показана на рис.6. Пе-

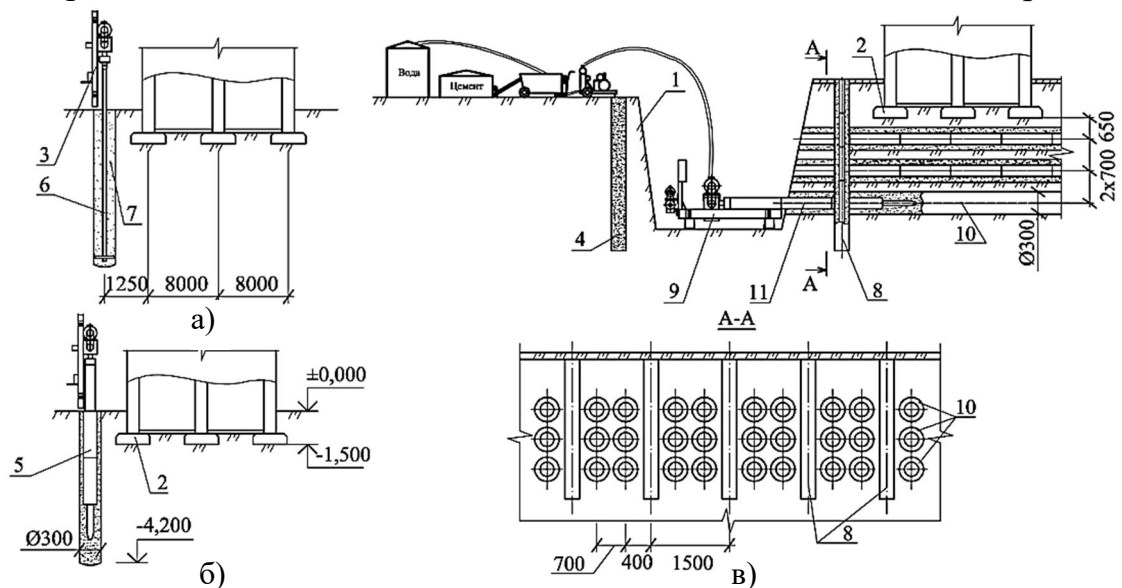


Рис.6. Технологічна схема підсилення основи при реконструкції та захисті будівель в стиснених умовах:

а) влаштування підпірної стінки фундаментів; б) підсилення вертикальних ґрунтоцементних елементів жорсткими конструкціями; в) укріплення укосів котловану та влаштування горизонтальних армоелементів; 1 – котлован; 2 – фундамент; 3 – станок вертикального буріння; 4 – вертикальні ГЦЕ; 5 – підсилюючі вертикальні жорсткі елементи; 6 – колона бурових штанг; 7 – вертикальна текучопластична ґрунтоцементна суміш; 8 – вертикальний елемент підпірної стінки; 9 – станок горизонтального буріння; 10 – горизонтальні ГЦЕ; 11 – яруси горизонтальних ГЦЕ; 12 – підсилюючі горизонтальні жорсткі елементи; 13 – горизонтальна текучопластична ґрунтоцементна суміш

ред відкопкою заглибленого котловану виконують влаштування підпірної стінки безпосередньо біля фундаментів шляхом утворення вертикальних ГЦЕ із розрахунковим кроком. При необхідності ГЦЕ підсилюють жорсткими конструкціями, які занурюють у текучепластичну ґрунтоцементну суміш відразу після утворення ГЦЕ (патент України №84177). Такими ж вертикальними ГЦЕ укріплюють укоси по контуру майбутнього котловану. Після влаштування підпірної стінки фундаментів і зміцнення майбутніх укосів котловану приступають до його відкопки. Такі технологічні засоби дозволяють по-перше, максимально приблизити котлован до фундаментів, по-друге – відкопувати котлован із вертикальними стінками. Таке інноваційне технологічне рішення, враховуючи укріплення бортів котловану, дозволяє складати ґрунти на поверхні безпосередньо біля стінок котловану, не транспортуючи його на відстань.

При утворенні ГЦЕ у ґрунтах із підвищеною вологістю можливе відхилення колони бурових штанг від прямолінійності. Для попередження такого явища нами запропонована спіралеподібна направляюча бурозмішувача (патент України №87878), яка, вгвинчуючись в масив ґрунту, задає горизонтальне направлення і попереджує відхилення бурозмішувача від заданого напрямку (рис.7), на відміну від існуючої напрямної із гладкою поверхнею, яка недостатньо попереджує відхилення.

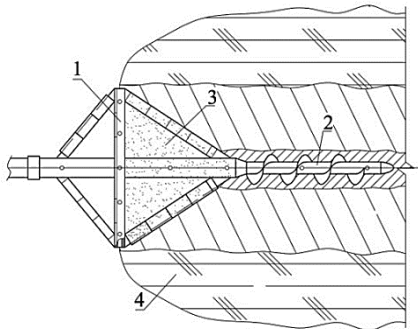


Рис.7. Процес забезпечення паралельності та горизонтальності:

1 – бурозмішувач; 2 – спіралеподібна направляюча; 3 – водоцементний розчин; 4 – масив ґрунту

Далі в розділі досліджені фактори, що впливають на процес горизонтального армування основ бурозмішувальною технологією укріплення ґрунтів. Експериментально досліджені параметри рухів удосконаленого станка горизонтального буріння, які наведені в табл.2.

Проведені дослідження технологічних функцій бурозмішувача. Основною функцією бурозмішувача є руйнування структури ґрунтів та його подрібнення. Від ступеню подрібнення залежить якість технологічних елементів бурозмішування – просочування водоцементною суспензією, перемішування ґрунтоцементної суміші і, як наслідок, рівномірність розподілу цементних частинок по перерізу ГЦЕ, що в кінцевому підсумку впливає на ступінь механічних характеристик ГЦЕ, від яких залежить ефективність армування ґрунтів. В зв'язку з цим досліджений процес різання стружки новою конструкцією бурозмішувача.

На початковому етапі врзання в товщу ґрунту і обертання ріжучої секції бурозмішувача руйнування ґрунту відбувається у формі конуса (рис.8) із висотою  $h$ , рівною висоті нижньої секції, а діаметр ґрунтового конуса  $d$  має розмір довжини середньої лопаті. За один оберт бурозмішувач занурюється на глибину  $h_i$  і описує елементарну зону руйнування ґрунту з перерізом  $abc$ , де за товщину різання стружки  $\nabla$  прийнятий катет  $ao$ .

З урахуванням зміни технологічних параметрів та геометричних розмірів правої секції бурозмішувача визначена товщина стружки різання при відповідних швидкостях рухів бурозмішувача (табл.2).

Таблиця 2

Параметри різання стружки при відповідних швидкостях бурозмішувача

Висота нижньої лопаті бурозмішувача $h$ , мм	Діаметр середньої лопаті бурозмішувача $d$ , мм	Лінійна швидкість бурозмішувача $v$ , м/хв	Швидкість обертання бурозмішувача $\omega$ , об/хв	Товщина стружки різання ґрунту $\nabla$ , мм
180	300	0,44	86	4,3
		0,68	112	5,1
		0,92	138	5,6

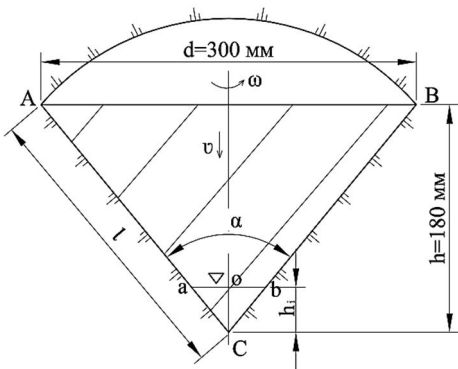


Рис.8. Схема для визначення товщини стружки різання ґрунту

Далі в розділі наведені дослідження впливу технологічних факторів на процес формування ГЦЕ та параметрів міцності ґрунтоцементу. На процес формування ГЦЕ впливають декілька чинників, основними з яких є: ґрунтові умови, вміст цементу у суміші ґрунт – цемент, умови тужавіння та твердіння ґрунтоцементної суміші, технологічні чинники та ін. Оскільки при горизонтальному укріпленні ґрунтів їх армування відбувається в обмеженому шарі по товщині, тобто ГЦЕ утворюються практично в ідентичних ґрунтових умовах, а вміст цементу визначається розрахунком в залежності від необхідних для проектування механічних характеристик, то процес утворення ГЦЕ в більшій мірі залежить від технологічних чинників – від конструктивних рішень бурозмішувача, швидкості його обертань та лінійної швидкості при руйнуванні структури ґрунту, ступеню подрібнення зруйнованого ґрунту, якості просочування подрібненого ґрунту водоцементним розчином, якості перемішування ґрунтоцементної суміші та ін.

Методика досліджень впливу технологічних чинників на процес формування ГЦЕ відображена на рис.9. Було утворено 3 ГЦЕ по 6м довжиною із ідентичними водоцементним відношенням  $v/c=0,8$  і вмістом цементу 30% у суміші. Кожний ГЦЕ формувався з різними технологічними характеристиками на відповідних ділянках ГЦЕ, показаних на схемі. Після твердіння перемішаної ґрунтоцементної суміші на протязі 7 діб ґрунтоцементні елементи були розкриті (рис.10). Візуальний огляд показав, що вони мають правильну круглу форму без порушення зовнішньої цілісності, що свідчить про відсутність

ГЦЕ утворюються практично в ідентичних ґрунтових умовах, а вміст цементу визначається розрахунком в залежності від необхідних для проектування механічних характеристик, то процес утворення ГЦЕ в більшій мірі залежить від технологічних чинників – від конструктивних рішень бурозмішувача, швидкості його обертань та лінійної швидкості при руйнуванні структури ґрунту, ступеню подрібнення зруйнованого ґрунту, якості просочування подрібненого ґрунту водоцементним розчином, якості перемішування ґрунтоцементної суміші та ін.

ГЦЕ утворюються практично в ідентичних ґрунтових умовах, а вміст цементу визначається розрахунком в залежності від необхідних для проектування механічних характеристик, то процес утворення ГЦЕ в більшій мірі залежить від технологічних чинників – від конструктивних рішень бурозмішувача, швидкості його обертань та лінійної швидкості при руйнуванні структури ґрунту, ступеню подрібнення зруйнованого ґрунту, якості просочування подрібненого ґрунту водоцементним розчином, якості перемішування ґрунтоцементної суміші та ін.

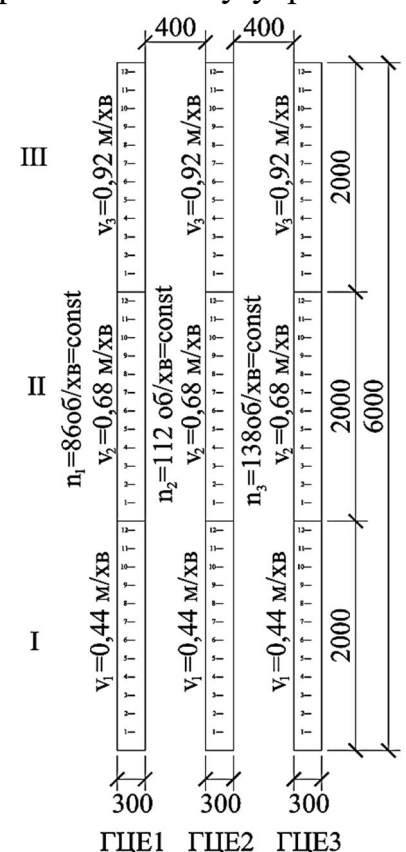


Рис.9. Схема розташування ГЦЕ та їх розмітка по ділянкам відповідно технологічних параметрів та точкам замірів характеристик

так званих "мертвих зон".

Як зазначалося у другому розділі, одним із показників ефекту підсилення основ горизонтальним бурозмішувальним армуванням є збільшення середньовиважених характеристик міцності та деформативності, тому важливо встановити, як впливають технологічні фактори на ці показники. Окрім того, при проектуванні в практиці застосування БЗТ виникають різні питання по механічним характеристикам ґрунтоцементу, у т.ч. опір зрушенню, твердість, міцність на стик та ін. Тому є необхідність дослідити вплив технологічних чинників на деякі характеристики при формуванні ГЦЕ.

У якості одного із критеріїв оцінювання впливу технологічних чинників на процес утворення ГЦЕ, у тому числі набору міцності ґрунтоцементу у часі, застосували методику дослідження ґрунтів пенетрацією.

Розкриті ГЦЕ досліджені на процес формування механічних характеристик в часі та на виявленні їх залежності від технологічних параметрів.

Методика цих досліджень полягала в наступному. Через кожні 7 діб твердіння досліджувалась зміна питомого опору зрушенню методом пенетрації в залежності від зміни технологічних параметрів – лінійної швидкості осьового переміщення бурозмішувача і швидкості його обертання, які досліджувались за допомогою мікропенетрометра МВ-2 (рис.11).



Рис.10. Розкриті ГЦЕ влаштовані по розробленій технології



а)



б)

Рис.11. Дослідження питомого опору зрушенню ГЦЕ для визначення впливу технологічних факторів:  
а) пенетрометр МВ-2; б) процес вимірювання питомого опору зрушенню пенетрометром

По даним вимірювань і розрахункам будувались графіки зміни питомого опору зрушенню ґрунтоцементу при зміні швидкості обертань та при зміні лінійної швидкості бурозмішувача (рис.12) через 7 діб твердіння. Аналогічні графіки будувались по результатам на всіх етапах вимірювань через кожні 7 діб твердіння. Дані дослідження забезпечують можливість вивчити процес набору міцності. На графіку (рис.13) відображений процес набору міцності в часі, аналіз яких показує, що найбільш активно набір міцності відбувається на протязі 17-18 діб, далі цей процес уповільнюється.



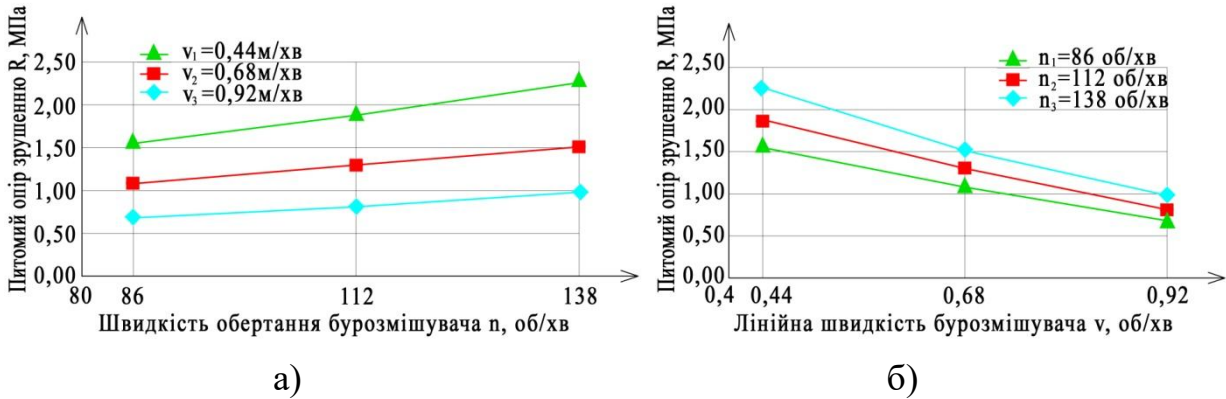


Рис.12. Графіки зміни питомого опору зрушенню (через 7 діб твердіння) в залежності від технологічних параметрів:

а) швидкості обертання бурозмішувача; б) лінійної швидкості бурозмішувача

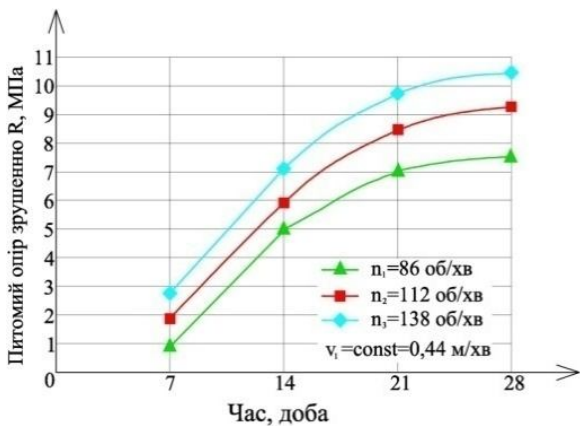


Рис.13. Набір питомого опору зрушенню ГЦЕ у часі

По аналогічній методиці визначалась також твердість ґрунтоцементу неруйнівним ударно-імпульсним методом за допомогою приладу „Онікс” і будувались графіки твердості ґрунтоцементу при зміні технологічних параметрів.

Досліджувалась також призма міцність на стиск по довжині ГЦЕ на ділянках зміни технологічних параметрів. Для цього на відповідних ділянках полою коронкою відбиралися циліндричні моноліти з яких виготовлялися дослідні зразки і досліджувалися на стиск на гідравлічному пресі.

Аналіз графіків вказує на загальну тенденцію зміни відповідних характеристик механічних властивостей ґрунтоцементу при зміні технологічних параметрів при утворенні ГЦЕ, а саме: а) зі збільшенням швидкості обертань бурозмішувача на всіх етапах твердіння ґрунтоцементної суміші рівень механічних характеристик збільшується; б) при підвищенні лінійної швидкості значення характеристик навпаки зменшується, що свідчить про погіршенні технологічних умов бурозмішування. При збільшенні лінійної швидкості бурозмішувача більш ніж у 2 рази, зруйнований ґрунт недостатньо подрібнюється і, як наслідок, неякісно насичується водоцементною суспензією і не ефективно переміщується ґрунтоцементна суміш.

Результати даних досліджень використані при розробці рекомендацій по раціональному вибору технологічних рішень горизонтального армування ґрунтів.

Далі в розділі наведені рекомендації по визначенню вмісту цементу і других складових ґрунтоцементної суміші із умов забезпечення проектних величин модуля деформації та міцності ГЦЕ.

**Четвертий розділ "Практичне застосування розробленої технології та її техніко-економічний аналіз".** В розділі показані сфери застосування горизонтального

армування ґрунтів ГЦЕ. Наведена таблиця об'єктів впровадження горизонтального армування ґрунтів за участю здобувача. На основі досліджень та розробок наведені рекомендації по вибору раціональних рішень технологічних процесів горизонтального армування основ фундаментів. В розділі наведена розроблена технологічна карта, яка містить всі необхідні відомості для виконавців певних технологічних процесів. Розроблена технологічна карта відповідає вимогам у відповідності із методичними вказівками нормативних документів України. Технологічна карта розроблена на прикладі застосування технологічного процесу укріплення слабких ґрунтів горизонтальним армуванням ґрунтоцементними армоелементами для підсилення основи фундаментів при відновленні експлуатаційної спроможності деформованої будівлі навчально-виховного комплексу у с. Ряське Машівського району Полтавської обл. На даному об'єкті здобувач прийняв безпосередню участь, де були впроваджені розробки дисертаційної роботи по технології горизонтального армування ґрунтів.

При підсиленні основ будівель горизонтальним армуванням ґрунтів ГЦЕ в залежності від ґрунтових умов та рівня навантаження на основу згідно із розрахунками часто виникає необхідність в утворенні в ґрунтовій товщі під фундаментами декількох рядів (ярусів) армоелементів, що потребує відкопування заглиблених котлованів (траншей). А це потребує захисту фундаментів від зсувів і укріплення укосів котлованів (траншей). Ряди ГЦЕ можуть утворюватися в напрямках, як "зверху-униз", так і навпаки - "знизу-уверх". В технологічній карті відображений розроблений процес і порядок виконання технологічних операцій поетапного армування ґрунтів основи. На рис.14 показаний процес влаштування рядів ГЦЕ при їх утворенні в напрямку "знизу-уверх" при трьохярусному армування згідно проекту. Приведені калькуляція трудових витрат, графік виробництва робіт, вказівки по контролю якості та інші складові технологічного процесу.

Таким чином, в технологічній карті наряду із традиційними технологічними елементами будівельно-монтажних робіт відображені нові технологічні процеси у відповідності до розробленої технології укріплення ґрунтів горизонтальним бурозмішувальним армуванням при підсиленні основ відновлювальних деформованих споруд.

Виконано порівняння техніко-економічної ефективності розробленої технології горизонтального армування ґрунтів ґрунтоцементними елементами із технологією армування похилими ґрунтоцементними елементами. Ця технологія була запропонована організацією по обстеженню деформованого стану та розробці рекомендацій по відновленню будівлі вищезгаданої деформованої школи в с. Ряське Полтавської області. Порівняння ефективності даних технологій показало перевагу по всім показникам розробленої технології над рекомендованою. Хоча економічний ефект склав 73 тис. грн., головною перевагою є те, що підсилення основи фундаментів відбулося без зупинки діяльності школи, тоді як при армуванні похилими армоелементами необхідно було б призупинити навчання на час відновлювальних робіт. Адже при підсиленні основи армуванням ґрунтів під фундаментами похилими армоелементами необхідно виконувати влаштування ґрунтоцементних елементів всередині приміщень із руйнуванням підлог та з послідуєчим їх відновленням.

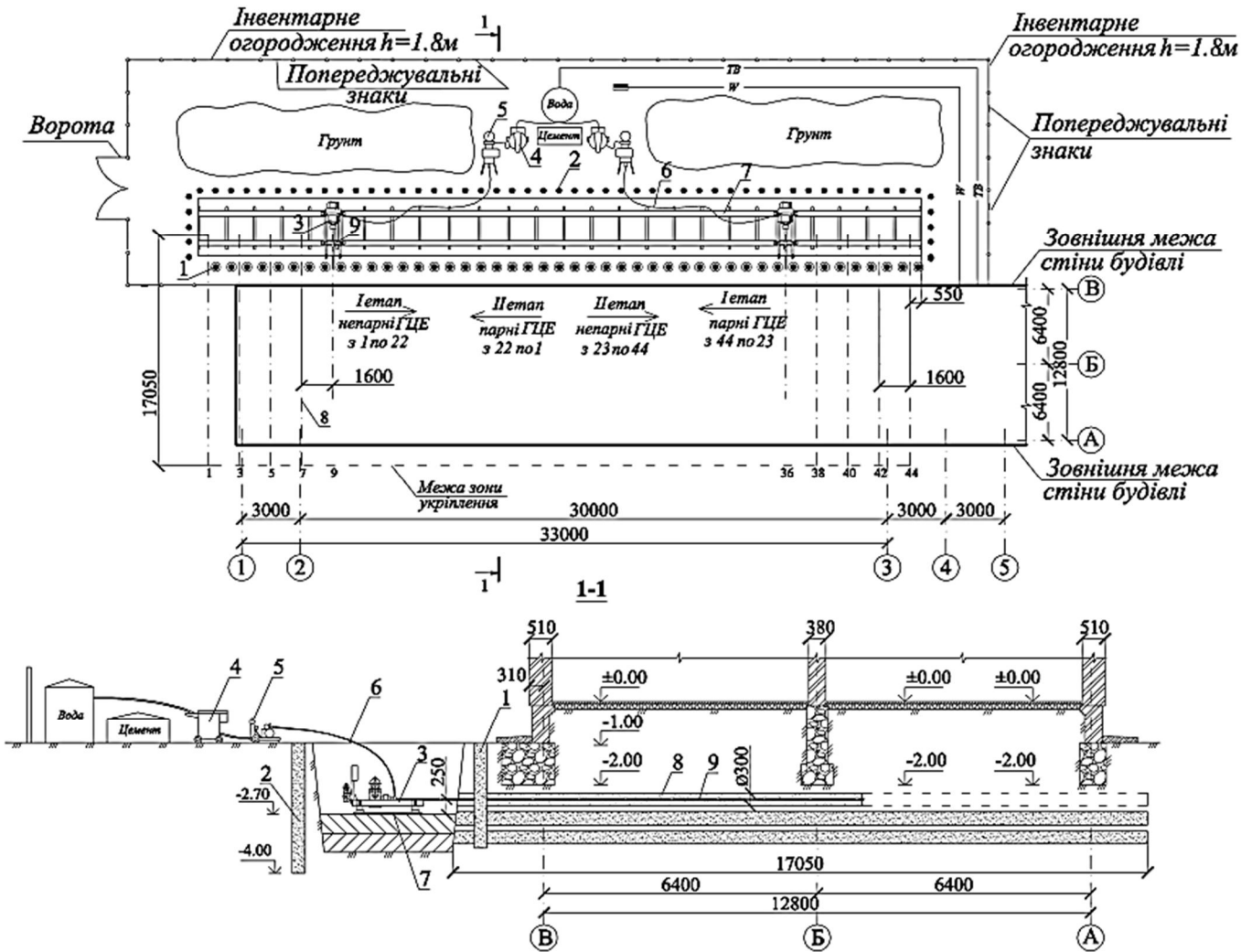


Рис.14. Технологічна схема влаштування 3го (верхнього) ряду горизонтальних ГЦЕ за розробленою технологією:

1 - вертикальний ГЦЕ підпірної стінки; 2- ГЦЕ укріплення укосів котловану; 3 - станок горизонтального буріння; 4 - розчиномішалка; 5 - розчинонасос; 6 - рукав; 7 - рейкові напрямні; 8 - горизонтальний ГЦЕ; 9 - бурові штанги

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено важливу науково-практичну задачу підвищення ефективності відновлення експлуатаційної спроможності деформованих будівель за рахунок підсилення їх основ шляхом розробки нової технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ із застосуванням розроблених інноваційних конструктивно-технологічних рішень.

Значення для науки полягає в тому, що вперше експериментально доведено ефективність використання бурозмішувального методу укріплення ґрунтів в технології горизонтального армування для укріплення основ деформованих будівель при їх відновленні і при реконструкції об'єктів та в дослідженні впливу технологічних чинників на процес утворення горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів та на формування їх механічних характеристик, на підставі чого було створено нову технологію горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд.

*Значення для практики* полягає в тому, що розроблена технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ дозволяє покращити якість утворення ґрунтоцементних армоелементів при зменшенні трудомісткості та вартості робіт.

*В дисертації отримані наступні результати та зроблені висновки:*

1. Виконано аналіз інформаційних джерел, який показує, що основною причиною деформацій будівель є нерівномірні деформації основ внаслідок погіршення властивостей ґрунтів в процесі експлуатації, тому на базі експериментальних досліджень існуючої технології горизонтального армування ґрунтів з урахуванням визначених резервів підвищення її ефективності запропоновано напрямок дослідження та розробок нової технології укріплення ґрунтів горизонтальним бурозмішувальним армуванням для вирішення поставленої задачі.

2. Розроблено новий принцип здійснення технологічних процесів бурозмішування, при якому кожний елементарний об'єм укріплюючого ґрунту піддається багаторазовій обробці подрібнення зруйнованої структури ґрунту, просочування подрібненого ґрунту водоцементною суспензією, перемішування ґрунтоцементної суміші, що покращує якість формування горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів та зменшує тривалість їх влаштування.

3. Доведено, що розробка та застосування нових інноваційних конструктивно-технологічних рішень корінним чином змінює технологію укріплення ґрунтів горизонтальним армуванням по бурозмішувальному методу, що обумовлює підвищення технологічності та зниження трудомісткості виконання робіт по підсиленню основ.

4. За вимогами розробленої технології удосконалено станок горизонтального буріння збільшенням лінійного переміщення бурозмішувача в межах 0,44...0,95 м/хв і його обертання в межах 86...138 об /хв, що забезпечує встановлення раціональних технологічних режимів армування в залежності від фізичного стану ґрунтів.

5. Експериментальним шляхом визначено вплив технологічних факторів на процес утворення горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів та на формування механічних характеристик ґрунтоцементу:

- при підвищенні лінійної швидкості бурозмішувача в межах 0,44...0,95 м/хв. товщина стружки збільшується від 4,3 до 5,6 мм, рівень механічних характеристик при цьому зменшується на 20-25%, що вказує на погіршення якості бурозмішувальних процесів;

- збільшення швидкості обертань в межах 86...130 об /хв. покращує бурозмішувальні процеси, що забезпечує збільшення механічних характеристик ґрунтоцементу на 25-30%.

6. Технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів адаптована для захисту пошкоджених будівель від подальших деформацій та для реконструкції об'єктів в стиснених умовах, що забезпечує безпечно проведення відновлювальних робіт та спрощує організацію їх виконання при влаштуванні ярусів армоелементів.

7. Розроблена технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів доведена до практичного застосування, про що свідчить впровадження на 7 об'єктах. Із них впровадження на 3 об'єктах підтверджені довідками: для відновлен-

ня деформованого стану (довідка №30-17 від 10.01.2017 р., видана ТОВ «Солід»), при реконструкції для компенсації дефіциту несучої здатності основи від додаткового навантаження (довідка №01-28/439 від 13.03.2017 р., видана Запорізькою державною інженерною академією), для захисту пошкодженої будівлі від подальших деформацій (довідка №60-11-565 від 17.03.2017 р., видана Полтавським національно технічним університетом ім. Ю. Кондратюка), що засвідчило високий практичний рівень отриманих наукових результатів.

8. На базі результатів розробок та досліджень розроблена технологічна карта, в якій відображений порядок виконання технологічних процесів горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів, яка дозволяє кваліфіковано впроваджувати розроблену технологію при підсиленні основ відновлювальних деформованих споруд.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті, що входять до переліку наукометричних баз:*

1. Юхименко А.І. Горизонтальне армування ґрунтів – ефективний спосіб підсилення основ / Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 148. Т.2. С.82-86. *(Видання включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (Польща)).*

2. Юхименко А.І., Самченко Р.В., Степура І.В. [и др.]. О проблемах реконструкции зданий и способах их решения / Известия вузов. Строительство. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013. Вып. 9(657). С.115-122. *(Особистий внесок: пристосував технологію горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів при підсиленні основ будівель до стиснених умов. Видання включено до міжнародної наукометричної бази РИНЦ).*

### *Статті у фахових виданнях, що входять до переліку затвердженого МОН України:*

3. Юхименко А.І., Павлов І.Д., Самченко Р.В. Організаційно-технологічні рішення підсилення основи фундаментів при надбудові поверху в процесі реконструкції будівлі готелю «Дніпро» в м. Запоріжжя / Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. Харків: ХНАМГ, 2013. Вип. 107. С.9-16. *(Особистий внесок: обґрунтував вибір порядку виконання рядів горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів).*

4. Юхименко А.І., Самченко Р.В. Про комплексні технології відновлення деформованих будівель та споруд, які зазнали кренів / Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. К.: КНУБА, 2015. Вип. 55. С.359-367. *(Особистий внесок: обґрунтував необхідність виконання усунення деформацій будівель, споруд у два етапи).*

5. Юхименко А.І., Самченко Р.В. Про забезпечення ефективності відновлення деформованих будівельних об'єктів / Будівельне виробництво: міжвідомчий науково-технічний збірник. К.: НДІБВ, 2016. Вип. 61/1. С. 79-84. *(Особистий внесок: обґрунтував необхідність укріплення шару ґрунту основи ослабленої бурінням горизонтальних свердловин при усуненні деформацій будівлі армуванням шлямунування ґрунтоцементних армоелементів).*

6. Юхименко А.І. Дослідження процесів утворення горизонтальних армоелементів для укріплення ґрунтів основ споруд за бурозмішувальною технологією / Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. Дніпропетровськ, 2016. Вип. 10. С.98-106.

**Патенти:**

7. Пат. 73029 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). Бурозмішувальне долото / І.В. Степура, Р.В Самченко, В.С. Шокарев, А.І. Юхименко, С.І. Степура (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). № у 201201856; заявл. 20.02.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17. 6с. *(Особистий внесок: запропонував ріжучу лопать виконати у вигляді низхідних ребер).*

8. Пат. 73030 UA, МПК E21B 3/00 (2012.01). Установка для горизонтальної проходки в ґрунтах / Р.В Самченко, І.Д. Павлов, І.В. Степура, А.І. Юхименко (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). № у 201201857; заявл. 20.02.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17. 3с. *(Особистий внесок: обґрунтував доцільність керування механізмами горизонтального армування із пульта бурового станка).*

9. Пат. 73103 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). Спосіб горизонтального армування ґрунтів / Р.В Самченко, В.С. Шокарев, І.Д. Павлов, А.І. Юхименко, І.В. Степура (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). № у 201202618; заявл. 05.03.12; опубл. 10.09.12, Бюл. № 17. 4с. *(Особистий внесок: запропонував спосіб забезпечення прямолінійності горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів).*

10. Пат. 73991 UA, МПК E21B 3/00 (2012.01). Буровий верстат / Р.В Самченко, І.В. Степура, В.С. Шокарев, В.П. Павленко, А.В. Павлов, А.І. Юхименко, А.А. Мунь (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). № у 201204614; заявл. 12.04.12; опубл. 10.10.12, Бюл. № 19. 5с. *(Особистий внесок: запропонував спорядити станок вертикального буріння вібратором для забезпечення можливості підсилення ґрунтоцементних армоелементів жорсткими конструкціями).*

11. Пат. 83660 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01), E02D 5/34 (2006.01). Спосіб реконструкції будинків, споруд / Р.В Самченко, І.Д. Павлов, А.І. Юхименко, І.В. Степура, С.І. Степура (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). - № у 201302945; заявл. 11.03.13; опубл. 25.09.13, Бюл. № 18. – 5с. *(Особистий внесок: обґрунтував можливість виконання реконструкції будівель без зупинки їх експлуатації).*

12. Пат. 84177 UA, МПК E21B 3/00 (2013.01). Установка для проходки в ґрунтах / А.І. Юхименко, І.Д. Павлов, Р.В Самченко, І.В. Степура (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). - № у 201305182; заявл. 22.04.13; опубл. 10.10.13, Бюл. № 19. 3с. *(Особистий внесок: для забезпечення технологічності переміщення горизонтального бурового станка і механічного забезпечення при цьому паралельності горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів розробив механізм переміщення).*

13. Пат. 87878 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). Бурозмішувальне долото / А.І. Юхименко, Р.В Самченко, І.Д. Павлов (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). № у 201309986; заявл. 12.08.13; опубл.

25.02.14, Бюл. № 4. 4с. *(Особистий внесок: розробив конструкцію спіралеподібної напрямної).*

14. Пат. 95510 UA, МПК E02D 3/12 (2006.01). Спосіб усунення деформацій будівель, споруд / Р.В Самченко, І.Д. Павлов, А.І. Юхименко, І.В. Степура (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). № у 201407845; заявл. 11.07.14; опубл. 25.12.14, Бюл. № 24. 3с. *(Особистий внесок: обґрунтував необхідність виконання усунення деформацій будівель, споруд у два етапи).*

15. Пат. 101409 UA, E21B 3/00 (2015.01). Установка для горизонтальної проходки в ґрунтах / Р.В Самченко, А.І. Юхименко, В.С. Шокарев, І.В. Степура, С.І. Степура (UA); заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія (UA). № у 201502596; заявл. 23.03.14; опубл. 10.09.14, Бюл. № 17. 3с. *(Особистий внесок: виконав удосконалення станка горизонтального буріння наділенням трьома швидкостями обертання і лінійного переміщення робочого органу).*

***Матеріали конференцій, де здійснено апробацію роботи:***

16. Юхименко А.І. Про великі можливості бурозмішувальної технології закріплення ґрунтів / Матеріали III Міжнародної науч.-техн. інтернет-конф. «Строительство, реконструкция и восстановление зданий городского хозяйства» (15 апр. - 15 мая 2012 г., г. Харьков). Харьков: ХНАГХ, 2012. С.294-296.

17. Юхименко А.І., Самченко Р.В., Шокарев В.С. [и др.] Малогабаритное оборудование и технологическая оснастка для укрепления грунтов буросмесительной технологией / Матеріали научн.-техн. конф. с междунар. участием «Инновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике» (27-29 окт. 2013 г., г. Москва). М.: НОУ ВПО «ИНЭП», 2013. С.160-165. *(Особистий внесок: зробив аналіз вузьких місць існуючого устаткування і технологічного оснащення та запропонував шляхи їх удосконалення).*

18. Юхименко А.І. Матеріало-та енергоощадна технологія укріплення ґрунтів основ при захисті будівель від деформацій / Матеріали міжнародної наук.-практ. конф. «Україна-Польща: діалог культур в контексті євроінтеграції» (25-27 вересня 2014 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя: ЗДІА, 2014. Т. II С. 219-221.

19. Юхименко А.І., Шокарев Є.О. Застосування ефективного способу укріплення ґрунтів для підсилення основ фундаментів при реконструкції будівельних об'єктів / Матеріали IV міжнародної наук.-техн. інтернет-конф. «Будівництво, реконструкція і відновлення будівель міського господарства» (25 листопада – 25 грудня 2014 р., м. Харків). Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2014. С.125-127. *(Особистий внесок: зробив аналіз методики розрахунків армованих основ).*

***Додаткові публікації:***

20. Юхименко А.І., Самченко Р.В., Шокарев В.С. [та ін.] Експериментальні дослідження впливу технологічних факторів на процес формування горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів / Основи і фундаменти: міжвідомчий наук.-техн. зб. К.: КНУБА, 2015. Вип. 37. С. 145-155. *(Особистий внесок: виконав пенетраційні дослідження впливу швидкостей рухів бурозмішувача на процес твердіння ґрунтоцементних армоелементів в часі).*

21. Юхименко А.І. Технологічні аспекти горизонтального армування ґрунтів основ фундаментів за бурозмішувальним методом / Світ геотехніки. 2015. № 3(47). С. 21-25.

22. Юхименко А.І. Технологія підсилення основ при відновленні деформованих будівель та при реконструкції об'єктів в стиснених умовах / Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. наукових праць (будівництво). К: ДП НДІБК, 2016. Вип. 83. Кн.2. С.528-534.

23. Юхименко А.І., Гречко В.Ф., Гречко О.В. [та ін.] Досвід стабілізації деформацій будівлі горизонтальним армуванням ґрунту основи // Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. наукових праць (будівництво). К: ДП НДІБК, 2016. Вип. 83. Кн. 1. С.507-514. *(Особистий внесок: розробив технологічну карту на виконання робіт по підсиленню основ фундаментів деформованої будівлі школи )*.

## АНОТАЦІЯ

**Юхименко А.І. Технологія горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів основ споруд.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. – Одеська державна академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2017.

В дисертації наводяться результати досліджень для вирішення актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності підсилення основ споруд при відновленні деформованих будівель та при реконструкції будівельних об'єктів шляхом розробки технології горизонтального бурозмішувального армування ґрунтів із застосуванням розроблених інноваційних конструктивно-технологічних рішень.

В роботі визначені шляхи підвищення ефективності відновлення пошкоджених будівель внаслідок: покращення якості формування ґрунтоцементних армоелементів внаслідок зміни технологічних процесів бурозмішування; зниження трудомісткості та підвищення технологічності виконання робіт розробленням та удосконаленням конструктивно-технологічного обладнання та оснащення; забезпечення безперебійної експлуатації будівельних об'єктів та без відселення людей на період відновлювальних робіт; можливості виконання відновлювальних робіт в стиснених умовах.

Представлені результати дослідження впливу технологічних факторів на процес утворення в ґрунтовій товщі горизонтальних ґрунтоцементних армоелементів та отримані залежності такого впливу на формування механічних характеристик ґрунтоцементу, які дозволяють встановлювати раціональні технологічні режими армування ґрунтів в залежності від їх фізичного стану.

Впровадження результатів дисертаційної роботи відбулося при стабілізації деформацій споруди виниклих в процесі будівництва, при відновленні експлуатаційної спроможності деформованої будівлі навчально-виховного комплексу та при реконструкції із надбудовою поверху будівлі готелю.

**Ключові слова:** бурозмішувальне армування, технологія укріплення ґрунтів, підсилення основ споруд, реконструкція об'єктів, відновлення деформованих будівель, слабкі ґрунти, ґрунтоцемент.



## АННОТАЦИЯ

**Юхименко А.И. Технология горизонтального буросмесительного армирования грунтов оснований сооружений.** - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.08 – технология и организация промышленного и гражданского строительства. – Одесская государственная академия строительства и архитектуры. – Одесса, 2017.

В диссертации приводятся результаты исследований для решения актуальной научно-практической задачи повышения эффективности усиления оснований сооружений при восстановлении деформированных зданий и при реконструкции строительных объектов путем разработки технологии горизонтального буросмесительного армирования грунтов с применением разработанных инновационных конструктивно-технологических решений.

В работе определены пути повышения эффективности восстановления поврежденных зданий за счет: улучшения качества формирования грунтоцементных армоэлементов вследствие изменения технологических процессов буросмешивания; снижения трудоемкости и повышения технологичности выполнения работ разработкой и усовершенствованием конструктивно-технологического оборудования и оснастки; обеспечения бесперебойной эксплуатации строительных объектов и без отселения людей на период восстановительных работ; возможности выполнения восстановительных работ в стесненных условиях.

Подтверждена гипотеза о том, что в результате использования разработанных инновационных конструктивно-технологических решений, а именно – трёхлопастного буросмесителя и горизонтального бурового станка, оснащённого трёхскоростными редукторами линейного и вращательного движений приводит к изменению принципа буросмесительных процессов (разрушения структуры грунта, измельчения разрушенного грунта, пропитывания измельчённого грунта водоцементной суспензией, перемешивания грунтоцементной смеси), что обеспечивает многократную обработку каждого элементарного объёма укрепляемого грунта указанными буросмесительными технологическими операциями.

Поскольку буросмесительная технология основана на разрушении структуры грунта и пропитывании разрушенного грунта водоцементной суспензией, в работе исследован процесс резания грунта новой конструкцией буросмесителя и установлено влияние технологических параметров на этот процесс.

С учётом разработанных конструктивно-технологических решений горизонтального буросмесительного армирования грунтов выполнены полевые исследования технологических процессов устройства горизонтальных грунтоцементных армоэлементов и влияния технологических факторов на формирование механических характеристик. При этом проверена возможность обеспечения горизонтальности и параллельности смежных армоэлементов разработанной на уровне изобретений технологической оснасткой. Выполненные исследования разработанной технологии показали положительные результаты.

При проектировании усиления оснований укреплением грунтов буросмесительным армированием технологии возникают вопросы связанные с механическими характеристиками. Поэтому выполнены исследования влияния технологических параметров на изменение свойств грунтоцемента неразрушающими методами – пенетрацией и ударно-импульсным методом, а также испытанием образцов на одноосное сжатие. По результатам испытаний установлены зависимости изменения характеристик удельного сдвига, поверхностной твёрдости и призмной прочности грунтоцемента при изменении технологических параметров.

**Ключевые слова:** буросмесительное армирование, технология укрепления грунтов, усиление оснований сооружений, реконструкция объектов, восстановление деформированных зданий, слабые грунты, грунтоцемент.

## ANNOTATION

**Yukhymenko A.I. The technology of horizontal drilling-and-mixing soil bases reinforcement of structures.** – Manuscript copyright.

The dissertation for the scientific degree of a Candidate of Engineering Sciences in speciality 05.23.08 - technology and organization of industrial and civil construction. – Odessa State Academy of Construction and Architecture. – Odessa, 2017.

The dissertation provides the results of research for solution of important scientific and practical problem of increase of efficiency of buildings bases in the reduction of deformed buildings and renovation construction projects through the development of technology of horizontal soil-and-mixing reinforcement using developed innovative structural and technological solutions.

The ways of increasing the efficiency of restoration of damaged buildings are determined at the expense of: improvement of the quality of formation of ground-cement elements due to changes in the technological processes of drilling-mixing; Reduce labor intensity and improve the technological work performance by developing and improving the design and technological equipment and equipment; Maintenance of uninterrupted operation of building objects and without resettlement of people for the period of restoration works; The possibility of carrying out restoration work in cramped conditions.

The results of a study of the influence of technological factors on the process of the device in the soil thickness of horizontal soil-cement elements are presented, and the dependence of such influence on the formation of mechanical characteristics of soil cement is obtained, which allow to establish optimal technological regimes of reinforcement of soils depending on their physical state.

The introduction of the results of the thesis work occurred with the stabilization of the deformations of the structures that emerged during the construction process, while restoring the operational fitness of the deformed building of the educational complex and during the reconstruction with the building's superstructure.

**Keywords:** drilling-mixing reinforcement, soil consolidation technology, reinforcement of the structures bases, reconstruction of objects, restoration of deformed buildings, weak soils, soil-cement.

Підписано до друку 22.05.2017р. Формат 60x90 1/16. Папір офсетний.  
Умовн. друк. арк. 0,9. Обл.-видавн. арк. 0,9. Наклад 100 прим.  
Замовлення № 85/17

Запорізька державна інженерна академія  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК №2958 від 03.09.2007 р.

Віддруковано друкарнею  
Запорізької державної інженерної академії  
з комп'ютерного оригінал-макету здобувача

69006, м. Запоріжжя, пр. Соборний, 226  
РВВ ЗДІА