

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	3
Antonenko A. V., Solobaiev S. H., Vostrikov S. O., Tkachenko O. V., Khodosov A. O., Ostapenko O. S. Using neural networks in network security prediction	3
Батаєв С. В., Козуб В. Ю., Дібрівна Е. І. Вплив контейнеризації на ефективність хмарних сервісів	11
Березюк І. А., Зубенко В. О. Аналітичні дослідження температурно-вологісного режиму в теплиці.....	18
Борисюк В. М., Козловський А. В. Використання великих мовних моделей для перетворення природної мови в SQL запит	28
Borovskova Ye. A. The impact of server-side rendering on SEO, user experience and performance in web applications built with angular.....	47
Гіоргізова-Гай В. Ш. Функція як сервіс у приватній хмарі підприємства	57
Дудатсьв І. А., Притула М. О., Озменчук І. С. Інформаційно вимірювальна система визначення концентрації домішок у воді на основі кондуктометричного сенсора.....	69
Єрмоленко М. В., Фролов І. М. Інформаційні технології в автоматизації бухгалтерського обліку: цифрові інструменти, інноваційні підходи, інтегрована бізнес-аналітика	76
Клепцов А. А., Гусєва-Божаткіна В. А. Оцінювання впливу відключення логування на продуктивність мобільних застосунків, створених на Unity	83
Козак Є. Б. Сучасні фреймворки JavaScript і майбутнє JavaScript як повноцінної мови програмування.....	91
Коновалов С. М. Розбір видів кіберзахисту в операційних системах мобільних телефонів.....	100
Копилиць М. М. Порівняння адаптивності RL-алгоритмів для уникнення зіткнень БПЛА.....	105
Переверзєв А. М., Подвиженко А. В., Колодінська Я. О., Скляренко О. А. Автоматизація розгортання та управління операційних систем у хмарних та гібридних середовищах засобами системного адміністрування	115
Перцев Ю. О., Коротка Л. І. Аналіз та адаптація генеративно-змагальних мереж до фінансових ринків.....	122
Petryshak T. V., Rybchak Z. L. Stylometric classification of AI-generated texts: comparative evaluation of machine learning models.....	135
Путій І. Д., Тесленко П. О. Концептуальна модель складного ІТ-проєкту	148
Рихальський О. Ю. Методи підвищення коректності та безпечності програмного забезпечення: сучасний функціонал компіляторів та інші підходи.....	155
Савка А. Я. Технології машинного навчання в прогнозуванні обслуговування двигунів автотранспорту у військовій логістиці.....	171

Сілін І. Д., Потапова К. Р., Наливайчук М. В. Модифікований алгоритм TF-IDF для SEO-оптимізації на основі контекстного аналізу моделі BERT та GROQ API.....	180
Сологуб В. Р., Пашкевич В. З., Бешлей М. І. Методика оптимізації процесів обробки і перенесення даних в інформаційних системах.....	193
Тищенко Д. В., Антипенко В. П. Концептуальна модель структури інформаційної технології організації автоматизованого виконання проектувальних робіт в ІТ-проектах	207
Хорошевський О. І., Хорошевська І. О. Визначення комплексу показників, що впливають на якість вебсайту	216
Чорненко М. В., Склярєнко О. В. Аналіз технологій зберігання конфіденційних даних у CRM/ERP-системах управління бізнес-процесами підприємства.....	225
Швець С. В. Огляд сучасних алгоритмів глибокого навчання для класифікації зображень.....	233
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	259
Adamchuk L. O., Chechitko V. I., Antoniv A. D., Brindza Jan. Analysis of the consumer evaluation results of a new healthy honey dessert	259
Антоненко А. В., Баль-Прилипка Л. В. Дослідження реологічних характеристик дієтичних добавок в харчових системах соусів	277
Біленька І. Р., Лазаренко Н. А., Дідух Г. В. Дослідження біологічної активності та показників якості екстрактів пряно-ароматичної сировини для створення функціональних напоїв.....	290
Божок О. С. Сучасні технології переробки фруктів у консервному виробництві	301
Будник Н. В., Калашник О. В., Кайнаш А. П., Назаренко В. О., Ремізова Н. Л. Сучасна класифікація сумішей молочних сухих та вдосконалення їх технології	310
Бужанська М. В., Давидович О. Я. Актуальні проблеми безпеки праці в харчовій промисловості.....	321
Неміріч О. В., Коваль О. А., Вознюк С. Р. Проектування виробничих цехів на основі аналізу критичних точок при впровадженні системи HACCP в технології бісквітних напівфабрикатів в закладах ресторанного господарства ...	329
Дзюндзя О. В., Вогнівенко Л. П. Циркулярна економіка для харчових і переробних підприємств	336
Дідух Е. Г., Чагаровський О. П. Оптимізація параметрів оброблення згустку та сирного зерна у технології м'яких сирів з білою пліснявою	344
Дрозд О. О., Мельник О. В., Ременюк Л. М. Етилен-активність та компоненти хімічного складу яблук сорту Ренет Симиренка залежно від режиму охолодження, обробки дерев етиленпродуцентом і плодів інгібітором етилену.....	352
Євчук Я. В. Удосконалення технології виробництва хліба лікувально-профілактичного призначення.....	360
Клименко О. Г., Ткаченко Н. А. Технологія сиру сулугуні з насінням льону.....	368

Колесніченко С. Л., Павловський С. Н. Методика комп'ютерного моделювання AutoCAD в навчальному процесі проектування кондитерського цеху	376
Костецька К. В. Основи безпеки харчових продуктів у закладах ресторанного господарства	381
Новікова Н. В., Ряполова І. О., Єфімова А. Л. Розробка нового рецептурного складу м'ясо-рибних бургерів з використанням натурального структуроутворювача	388
Пересічна С. М., Бандуренко Г. М., Кравчук Н. М., Антоненко А. В. Технологія кнедлів картопляних із дієтичними добавками підвищеної харчової цінності	397
Салавеліс А. Д., Павловський С. М., Лазаренко Н. А. Вимоги системи вітчизняної стандартизації щодо організації НАССР у закладах ресторанного господарства	410
Семко Т. В., Іванішева О. А., Сапотницький В. А. Сучасний підхід до старовинних технологій приготування шпундри	418
Соломон А. М., Коваль Є. В. Обґрунтування технології виробництва кисломолочного десерту	428
Соломон А. М., Козлов О. В. Антиоксидантні властивості молока та молочних продуктів	436
Стадник І. Я., Піддубний В. А., Євчук Я. В., Радченко Ю. І. Критеріальний підхід до аналізу процесу гідратації борошна в умовах завислого стану	443
Стоянова О. В., Зубкова К. В., Валько М. І., Мамай О. І., Яковенко Т. О. Спосіб виробництва овочевого джему	452
Толок Г. А., Устименко І. М., Панасюк О. Г. Обґрунтування використання нетрадиційної сировини та інгредієнтів у складі соєвого йогурту	461
Черемська Т. В., Колеснікова М. Б., Пивоваров П. П., Юрченко С. Л. Концептуальний підхід прийняття проектно-управлінських рішень у закладах ресторанної індустрії	469
Shymaniuk I. V. Structured drink based on buttermilk	479
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	489
Булгаков М. П., Мельник О. М. Розробка комплексної моделі гібридної енергосистеми морського судна з урахуванням відновлюваних джерел енергії та екологічної ефективності	489
Kovalenko R. Yu. Modern approaches to water quality monitoring for improving the efficiency of the impulse flushing method of the Inhulets river	504
Sieliukov O., Haolin Liu. Peculiarities of calculation of the main parameters of the water jet propulsion system	510
Шаталова Ж. О. Обґрунтування основних параметрів розрахункової формули максимального стоку весняного водопілля для річок Херсонської області	521

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ	530
Voloshyn M. M. Construction of wind power plants for irrigation needs	530
Макаров А. В., Макарова Т. К., Дубов Т. М., Кислиця Л. В. Сучасні способи гідроізоляції та енергозбереження експлуатаційних підвальних частин фундаментів мілкого закладання на природній основі, практичний досвід	538
Петраш Р. В., Петраш О. В., Попович Н. М., Бондар Л. В., Яхін С. В. Експериментальні дослідження основи закріпленої цементами	551
Яценко В. М., Шаталова Ж. О. Удосконалення методів метрологічного контролю геодезичних приладів при впровадженні «Комплексу наземного геодезичного забезпечення».....	560

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY	3
Antonenko A. V., Solobaiev S. H., Vostrikov S. O., Tkachenko O. V., Khodosov A. O., Ostapenko O. S. Using neural networks in network security prediction	3
Bataiev S. V., Kozub V. Yu., Dibrivna E. I. The impact of containerization on the efficiency of cloud services	11
Bereziuk I. A., Zubenko V. O. The analytical studies of the temperature-humidity regime in a greenhouse	18
Borysiuk V. M., Kozlovskiy A. V. Usage of large language models for natural language to SQL query conversion	28
Borovskova Ye. A. The impact of server-side rendering on SEO, user experience and performance in web applications built with angular	47
Hiorhizova-Hai V. S. Function as a service in the enterprise's private cloud	57
Dudatiev I. A., Prytula M. O., Ozmenchuk I. S. Information-measurement system for determining the concentration of impurities in water based on a conductometric sensor	69
Yermolenko N. V., Frolov I. M. Information technologies for accounting automation: digital tools, innovative approaches and applied solutions	76
Klieptsov A. A., Guseva-Bozhatkina V. A. Weaknesses of gaming anti-cheat systems: an analysis of contactless automation of gameplay using external devices	83
Cozac E. B. The latest JavaScript frameworks and JavaScript as the main programming language of the future	91
Konovalov S. M. Analysis of types of cyber protection in mobile phone operating systems	100
Kopylets M. M. Comparison of RL algorithm adaptivity for UAV collision avoidance	105
Pereverziev A. M., Podvizhenko A. V., Kolodinska Ya. O., Skliarenko O. A. Automation of operating system deployment and management in cloud and hybrid environments using system administration tools	115
Pertsev Yu. O., Korotka L. I. Analysis and adaptation of generative adversarial networks for financial markets	122
Petryshak T. V., Rybchak Z. L. Stylometric classification of AI-generated texts: comparative evaluation of machine learning models	135
Putii I. D., Teslenko P. O. Conceptual model of a complex IT project	148
Rykhalskyi O. Yu. Methods for improving software correctness and security: modern compiler functionality and other approaches	155
Savka A. Ya. Machine learning technologies in predicting vehicle engine maintenance in military logistics	171
Silin I. D., Potapova K. R., Nalyvaychuk M. V. Modified TF-IDF algorithm for seo optimization based on contextual analysis of the BERT model and GROQ API	180

Solohub V. R., Pashkevych V. Z., Beshley M. I. A methodology for optimizing data processing and transfer in information systems.....	193
Tyshchenko D. V., Antypenko V. P. Conceptual model of the structure of an information technology for organizing the automated execution of design tasks in IT-projects	207
Khoroshevskiy O. I., Khoroshevska I. O. Determining a set of indicators that affect the quality of the website	216
Chornenkyi M. V., Skliarenko O. V. Analysis of confidential data storage technologies in CRM/ERP business process management systems of an enterprise	225
Shvets S. V. Review of modern deep learning algorithms for image classification	233
FOOD TECHNOLOGY	259
Adamchuk L. O., Chechitko V. I., Antoniv A. D., Brindza Jan. Analysis of the consumer evaluation results of a new healthy honey dessert	259
Antonenko A. V., Bal-Prylypko L. V. Research on the rheology of dietary additives in sauce food systems.....	277
Bilenka I. R., Lazarenko N. A., Diduch G. V. Study of biological activity and quality indicators of extracts of spice-aromatic raw materials for the creation of functional drinks	290
Bozhok O. S. Modern fruit processing technologies in canning production	301
Budnyk N. V., Kalashnyk O. V., Kainash A. P., Nazarenko V. O., Remizova N. L. Modern classification of milk dry mixtures and improvement of their technology	310
Buzhanska M. V., Davydovych O. Ya. Current problems of labor safety in the food industry	321
Nemirich O. V., Koval O. A., Voznyuk S. R. Design of production facilities based on critical point analysis when implementing the HACCP system in the technology of biscuits in restaurant industry	329
Dzyundzya O. V., Vohnivenko L. P. Circular economy for food and processing enterprises	336
Didukh E. G., Chaharovskiy O. P. Optimization of cotton and cheese grain processing parameters in the technology of soft cheeses with white mold.	344
Drozd O. O., Melnyk O. V., Remeniuk L. M. Ethylene activity and chemical parameters of reinette simirenko apples depending on the cooling mode, treatment of trees with ethephon and fruits with ethylene inhibitor	352
Yevchuk Ya. V. Improvement of bread technology for therapeutic and prophylactic purposes.....	360
Klymenko O. G., Tkachenko N. A. Technology of suluguni cheese with flax seeds.....	368
Kolesnichenko S. L., Pavlovsky S. N. AutoCAD computer modeling methodology in the educational process of confectionery shop design.....	376
Kostetska K. V. Basics of food safety in restaurant establishments	381
Novikova N. V., Ryapolova I. O., Efimova A. L. Analysis of raw materials and development of the recipe composition of meat and fish burgers.....	388

Peresichna S. M., Bandurenko G. M., Kravchuk N. M., Antonenko A. V. Technology of potato dumplings with dietary additives of increased nutrition.....	397
Salavelis A. D., Pavlovskiy S. M., Lazarenko N. A. Requirements of the national standardization system for the organization of HACCP in catering establishments	410
Semko T. V., Ivanishcheva O. A., Sapotnitskiy V. A. A modern approach to ancient technologies of preparing shpundra	418
Solomon A. N., Koval E. V. Education of fermented milk dessert production technology.....	428
Solomon A. N., Kozlov O. V. Antioxidant properties of milk and dairy products	436
Stadnik I. Ya., Piddubny V. A., Yevchuk Ya. V., Radchenko Yu. I. Criteria approach to analysis of flour hydration process in steady state conditions	443
Stoianova O. V., Zubkova K. V., Valko M. I., Mamai O. I., Yakovenko T. O. Method of manufacturing vegetable jam	452
Tolok H. A., Ustymenko I. M., Panasiuk O. H. Justification for the use of non-traditional raw materials and ingredients in soy yogurt	461
Cheremaska T. V., Kolesnikova M. B., Pyvovarov P. P., Iurchenko S. L. Conceptual approach to project and management decision-making in restaurant industry enterprises	469
Shymanjuk I. V. Structured drink based on buttermilk	479
HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES	489
Bulhakov M. P., Melnyk O. M. Development of an integrated hybrid power system model for marine vessels considering renewable energy sources and environmental efficiency	489
Kovalenko R. Yu. Modern approaches to water quality monitoring for improving the efficiency of the impulse flushing method of the Inhulets river	504
Sieliukov O., Haolin Liu. Peculiarities of calculation of the main parameters of the water jet propulsion system	510
Shatalova Zh. O. Justification of the main parameters of the calculation formula for the maximum spring flood discharge for the rivers of the Kherson region.....	521
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING	530
Voloshyn M. M. Construction of wind power plants for irrigation needs	530
Makarov A. V., Makarova T. K., Dubov T. M., Kyslytsia L. V. Modern methods of waterproofing and energy saving of operational basement parts of shallow foundations on a natural base: practical experience	538
Petrash R. V., Petrash O. V., Popovych N. M., Bondar L. V., Yakhin S. V. Experimental investigation of base reinforced by cementation.....	551
Yatsenko V. M., Shatalova Zh. O. Improvement of methods of metrological control of geodesic surveys during the implementation of the “Ground geodesic support complex”	560

УДК 624.1

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.56>

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВИ ЗАКРІПЛЕНОЇ ЦЕМЕНТАМИ

Петраш Р. В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва та професійної освіти Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-5812-4044

Петраш О. В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0001-8151-6460

Попович Н. М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва та професійної освіти Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0001-6450-6332

Бондар Л. В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва та професійної освіти Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-1595-7740

Яхін С. В. – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри будівництва та професійної освіти Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-0042-0844

Інженерно-геологічні умови більшої частини території України характеризуються наявністю лесових просадочних ґрунтів, товщина яких може сягати до 30 метрів. У таких умовах зведення промислових і цивільних будівель висотою понад п'ять поверхів доцільно здійснювати на палях різних типів.

Грунтоцемент являє собою матеріал, що утворюється внаслідок змішування природного ґрунту з цементом. У результаті формується міцна структура, стійка до впливу вологості та здатна витримувати значні навантаження. Цей матеріал активно використовується для створення грунтоцементних паль. Елементи меншого діаметра на його основі застосовуються для підсилення слабких ґрунтів, формуючи зону стабілізованої основи. Палі з грунтоцементу можуть служити надійною основою для будівель і споруд різного призначення, а також виконувати функції протифільтраційних екранів, підпірних конструкцій, укріплень укосів котлованів і зсувних ділянок. Крім того, грунтоцемент ефективно використовується як матеріал для облаштування дорожнього покриття.

В роботі розглянуто підбір оптимального складу грунтоцементної суміші. Планування експериментів та підбір складу грунтоцементу враховували різну витрату цементу і водоцементне відношення (В/Ц), а також добавки. Критерієм експерименту призначено міцність грунтоцементу на стиск (призмova міцність). Склад цементно-ґрунтових сумішей підбирався у лабораторії таким чином, щоб забезпечити отримання грунтоцементу з заданими міцнісними характеристиками при мінімальній витраті цементу. Були виготовлені та випробувані на стиск дослідні зразки. Випробування виконували за допомогою преса при терміні набору міцності 7, 28, 56 діб.

Також розглянуті польові дослідження структури грунтоцементного елемента після 6 місяців твердіння. Елементи були відкопані і досліджені по глибині за допомогою метода пенетрації. Основною задачею досліджень було визначення міцності грунтоцементу за довжиною палі.

Для перевірки ефективності армування основи у конкретних умовах будівельного майданчика були проведені дослідження її стисливості шляхом випробування ґрунтів

штампом. Перевірка стисливості основи була проведена у природному і зволоженому станах ґрунту до та після його армування.

Ключові слова: ґрунтоцемент, підсилення основи, міцність на стиск, стисливість, штапкове випробування.

Petrash R. V., Petrash O. V., Popovych N. M., Bondar L. V., Yakhin S. V. Experimental investigation of base reinforced by cementation

Most of Ukraine's engineering and geological conditions are characterized by loess subsidence soils, which can be up to 30 meters thick. In such conditions, it is advisable to construct industrial and civil buildings with a height of more than five floors on piles of various types.

Soil cement is a material that is produced by combining natural soil with cement. The result is a robust structure that exhibits resistance to moisture and can withstand substantial loads. This material is currently employed in the construction of soil-cement piles. Smaller diameter elements based on it are used to improve loose soils, forming a stabilized base zone. Soil cement piles serve as solid foundation for buildings and structures of various functions, as well as waterproof sheeting, retaining structures, and reinforcements for foundation pit slopes and landslide areas. In addition, soil cement is effectively used as a material for road pavement construction.

The work considers the selection of the optimal composition of the soil-cement mixture. The planning of experiments and the selection of the soil-cement composition took into account different cement consumption and water-cement ratio (W/C), as well as additives. The criterion of the experiment was the compressive strength of the soil-cement (prism strength). The composition of the cement-soil mixtures was selected in the laboratory in such a way as to ensure the production of soil-cement with the specified strength characteristics at a minimum cement consumption. Experimental samples were manufactured and tested for compression. The tests were performed using a press with a curing period of 7, 28, and 56 days.

Field studies were conducted to examine the structure of the soil-cement element after a period of six months of curing. The elements were excavated and examined employing the penetration method. The primary objective of the study was to ascertain the strength of the soil-cement along the length of the pile.

To verify the effect of the base improvement in specific conditions of the construction site, studies of its compressibility were carried out by testing the soils with a stamp. The compressibility of the base was investigated in the natural and moistened states of the soil before and after its improvement.

Key words: soil-cement, ground improvement, compression strength, compressibility, stamp test.

Постановка проблеми. Зважаючи на те, що інженерно-геологічні умови кожної ділянки унікальні, доцільно при проектуванні фундаментів на основі, яка армована ґрунтоцементними елементами, дані інженерно-геологічних досліджень доповнювати лабораторними дослідженнями зразків з метою підбирання оптимального складу ґрунтоцементу і технології влаштування для конкретних ґрунтових умов.

Мета дослідження. Розробити методику підбору оптимального складу ґрунтоцементної суміші, в лабораторних умовах, та провести випробування дослідних зразків.

В результаті проведення лабораторних досліджень зразків ґрунтоцементу на основі глинистого ґрунту необхідно було визначити:

1. Міцність зразків на стиск.
2. Залежність міцності ґрунтоцементу від вмісту цементу та В/Ц.
3. Оптимальний вміст цементу, N, та В/Ц відношення.

Виклад основного матеріалу. Процес влаштування ґрунтоцементного елемента полягає в наступному: в процесі буріння свердловини розпушується природний ґрунт. У зону руйнування крізь вертлюг, нагнітають водоцементну суміш, яка ретельно перемішується із пухким ґрунтом. Заглиблюючись на потрібну глибину утворюється ґрунтоцементний елемент. Для утворення більш однорідного матеріалу елемента, перемішування можна проводити кілька разів в межах одного

елементу. Після тужавіння суміші утворюється міцний ґрунтоцементний елемент, який не розмокає у водному середовищі.

Процес виготовлення ґрунтоцементних елементів показано на рис. 1.

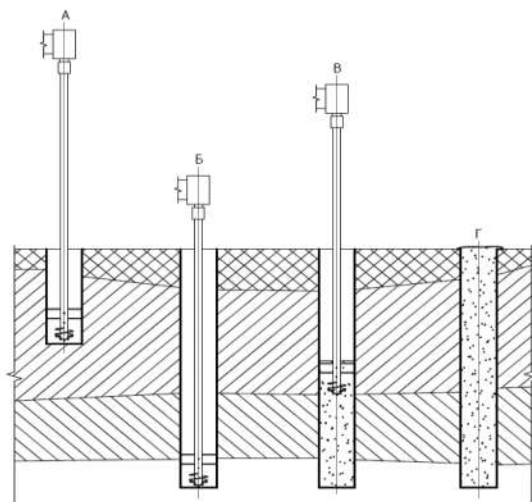


Рис. 1. Технологічна схема влаштування ґрунтоцементних елементів:

А – буріння свердловини; Б – буріння до проекційної відмітки;

В – подача цементного розчину, та перемішування його з оточуючим ґрунтом; Г – готовий ГЦЕ

Для підбору оптимального складу ґрунтоцементної суміші були проведені лабораторні дослідження по виготовленню та випробовуванню дослідних зразків. Вихідними матеріалами для виготовлення ґрунтоцементу були: цемент; глинистий ґрунт; вода; пластифікатор С-3 (не у всіх випадках).

Цемент. В якості в'язучого для виготовлення експериментальних зразків і їх дослідження використовувався портландцемент марки ПЦ II / Б – Ш – 400.

Ґрунт. Глинистий. Для виготовлення ґрунтоцементу застосовувався ґрунт, відібраний на глибині 2,5 м від поверхні землі (з ПЕ-2) на майданчику будівництва житлового будинку, розташованого в м. Полтава Ґрунт представляє собою суглинок світло-коричневий і коричневий, напівтвердий, карбонатизований з такими фізико-механічними властивостями:

- число пластичності $I_p = 0.14$;
- вологість на межі розкочування $W_p = 0.21$;
- вологість на границі текучості $W_L = 0.35$;
- щільність ґрунту – $\rho = 1.719 \text{ т/м}^3$;
- природна вологість $W = 0.252$;
- щільність частинок ґрунту $\rho_s = 2.68 \text{ т/м}^3$.

Необхідно відмітити, що рівень ґрунтових вод знаходиться нижче глибини відбору ґрунту на 2–2,5 м.

Піщаний. Пісок для дослідів було відібрано на будівельному майданчику десяти поверхового житлового будинку в м. Полтаві. Пісок кварцовий, мілкий, однорідний, від вологого до насиченого водою, середньої щільності, гранулометричний склад наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Гранулометричний склад

Діаметр фракції, мм	> 2	2–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	< 0,1
Вміст фракції, %	–	0,4	10	73,0	16,6

Вода. Для приготування ґрунтоцементних зразків застосовувалась звичайна вода з під крану. За хімічним складом вода гідро-карбонатно-кальцієва, слабо мінералізована, слабо лужна, показник $\text{pH} = 8$. Вона не містить шкідливих домішок, що перешкоджають нормальному твердінню цементу.

*Рис. 2. Виготовлення суміші для дослідних зразків*

Випробування зразків-кубиків на стиск виконували у віці 7, 28, 56 діб за допомогою преса (рис. 3). На кожне випробування було виготовлено по 6 зразків однієї серії (однаковий вміст ґрунту, цементу, в/ц). В результаті випробувань отримано середнє значення міцності на стиск ґрунтоцементу певного віку.

*Рис. 3. Випробування зразків ґрунтоцементу на стиск*

Метою підбору різних складів ґрунтоцементу є отримання оптимального складу ґрунтоцементу з максимальною міцністю.

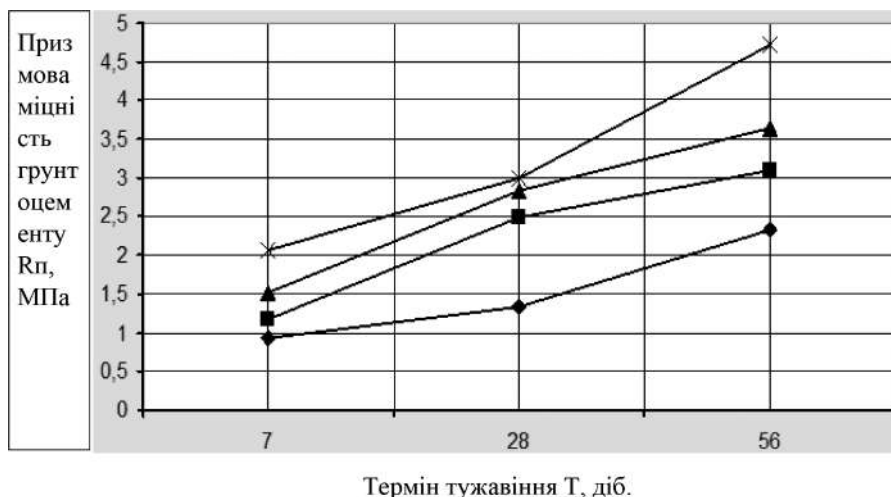


Рис. 4. Результати випробування зразків з різним терміном тужавіння

При будівництві житлового будинку у м. Полтаві були виготовлені дослідні ґрунтоцементні палі, які потім були відкопані шурфом до рівня ґрунтових вод. Його глибина склала біля 6 м (рис. 5). Витрати цементу при виготовленні палі за усією довжиною складала 250 кг/м^3 ґрунту ($\sim 18\%$ від маси сухого ґрунту).

Основною задачею досліджень було визначення міцності ґрунтоцементу за довжиною палі. Для цього на її бічній поверхні, з певним кроком, були проставлені маркери випробувань через 2 см (рис. 5). Для досліду було використано мікропенетрометр МВ-2, який призначений для інженерно-геологічного випробування піщаних і глинистих порід у польових і лабораторних умовах. В результаті цих випробувань встановлюється середня глибина заглиблення у породу сталего конуса, який має заданий кут при вершині.

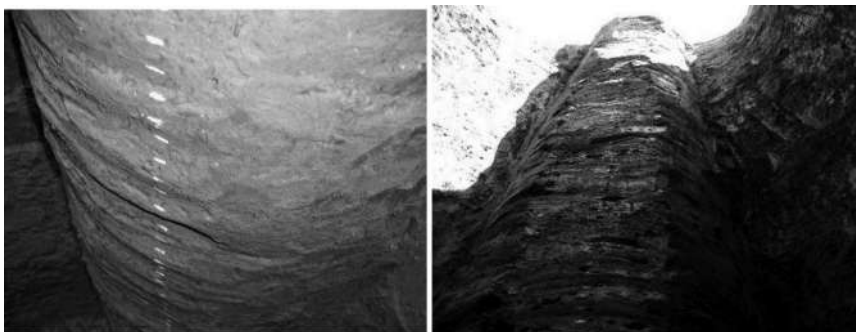


Рис. 5. Дослідження ґрунтоцементної палі за глибиною

За величиною силового впливу на конус визначалася чисельна характеристика опору породи penetрації – умовне граничне напруження зрушення, R :

$$R = \frac{P_m - K_h}{h^2}, \text{ МПа}$$

Результати penetраційних випробувань наведено на графіку рис. 6.

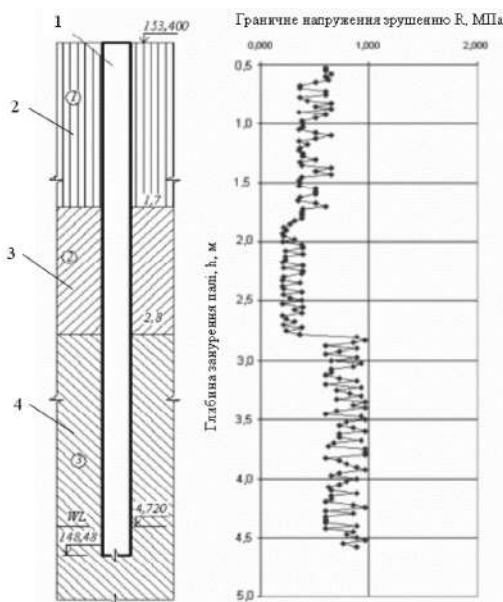


Рис. 6. Графік penetрації тіла ґрунтоцементної палі, влаштованої у глинистих ґрунтах відповідно до наведеного розрізу:

1 – ґрунтоцементна палля; 2 – суглинок, тугопластичний;
3 – суглинок тугопластичний; 4 – суглинок лесовий, м'якопластичний

Таблиця 2

Основні дані до аналізу результатів penetраційних випробовувань матеріалу ґрунтоцементної палі за її довжиною

№ шарів ґрунту	Природні характеристики ґрунтів				Кількість визначень, n	Умове граничне напруження зрушенню R , МПа	Коефіцієнт варіації, v
	Число пластичності I_p , %	Щільність скелету ρ_s , т/м ³	Вологість W , %	Коефіцієнт пористості, e			
1	12	1,43	22	0,867	49	4,73	0,21
2	15	1,41	26	0,901	42	2,93	0,25
3	9	1,49	27	0,785	72	7,83	0,17

За даними результатів penetраційних випробовувань матеріалу ґрунтоцементної палі за її довжиною можливо зробити такі основні висновки:

- графік зміни опору penetрації за глибиною занурення палі чітко відповідає інженерно-геологічному розрізу, а саме його літологічній будові;
- при близьких механічних характеристиках природних ґрунтів, що можливо стверджувати за даними буріння, і однаковою вмісті цементу, опір penetрації окремих ділянок палі відрізняється більше ніж у 2,5 рази;
- головною причиною такої різниці не може бути водоцементне відношення суміші «ґрунт-цемент-вода», тому що для другої і третьої ділянок палі В/Ц практично однакове, а різниця за напруженням R найбільша;

– головним фактором при формуванні механічних властивостей ґрунтоцементу є вміст у ґрунті глинистих частинок та їх взаємодія з цементом; чим більше таких частинок у ґрунті, тим слабкіші жорсткі структурні зв'язки, які встановлюються у ґрунті з допомогою цементу; при усіх інших однакових показниках (В/Ц, вміст цементу, його марка тощо;

– у нашому випадку вміст глинистих частинок у ґрунтах розрізу визначається числом пластичності, найбільше його значення для шару 2, а найменше – для шару 3; відповідно граничне напруження зрушенню маємо $R = 2,93$ МПа та $R = 7,83$ МПа;

– результати проведених досліджень з виготовлення ґрунтоцементу підтверджують дані, отримані у лабораторних умовах звичайним перемішуванням суміші «ґрунт-цемент-вода» у розчиномішалках.

Метод влаштування стрічкових фундаментів на штучній основі, яка підсилена вертикальними елементами армування, було досліджено при будівництві багатоповерхового житлового будинку в нагорній частині м. Полтави. Інженерно-геологічні характеристики ґрунтів ділянки відповідно до розрізу на рис. 7 наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Характеристики ґрунтів ділянки

Нашарування ґрунтів	Число пластичності, I_p	Щільність ρ , т/м ³	Кут внутр. тертя, φ°	Питоме зчеплення c , кПа	Модуль деформації E , МПа	Модуль E армованого ґрунту, МПа
ІГЕ–2	14	1,61	23	14	12/5	17
ІГЕ–3	12	1,64	24	9	8/4	16
ІГЕ–4	17	1,91	25	24	14	

Ґрунтоцементні елементи, які прийняті у проєкті для армування основи, мають діаметр 200 мм і довжину нижче дна котловану – 5300 мм. Наявність армування основи збільшує до необхідної величини її модуль деформації. Значення його залежить від відстані між елементами армування, яка у даному випадку коливалася від 600 до 800 мм. У табл. 3 наведені значення E для шагу елементів у 600 мм.

Для перевірки ефективності армування основи у конкретних умовах будівельного майданчика були проведені дослідження її стисливості шляхом випробовування ґрунтів штампом. Перевірка стисливості основи була проведена у природному і зволоженому станах ґрунту до та після його армування.

Розрахункову схему випробовувань прийнято відповідно до наведеної на рис. 7. При відстані між елементами 600 мм штамп розміром у плані 1200 × 1200 мм завантажує площу, яка армована 12 елементами.

Польові випробовування ґрунтів штампам виконані відповідно до ДСТУ Б В.2.1.-7-2000 (ГОСТ 20276-99) Ґрунти. Польові випробовування. Для створення вертикального стискуючого навантаження на штамп була використана вантажна платформа з бетонними фундаментними блоками загальною вагою 800 кН. Вона слугувала упором для гідравлічного домкрату. Навантаження штампам ступенями по 62–92 кН проведено гідравлічним домкратом ДГ – 100. Тиск у домкраті

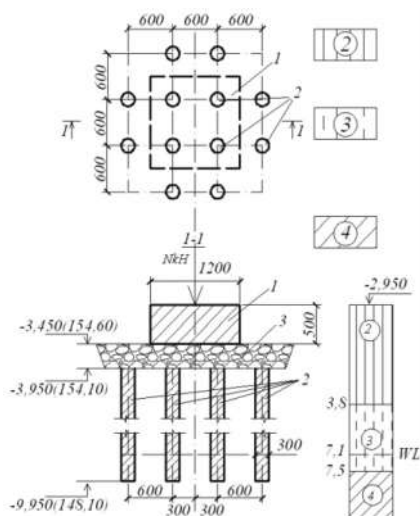


Рис. 7. Схема випробувань основи, яка армована вертикальними ґрунтоцементними елементами, залізобетонним квадратним штампом:
1 – штамп; 2 – ГЦЕ; 3 – розподільча подушка

створювали за допомогою насосної станції НС – 600 Для виміру осідання штамп на реперній системі з сталюого прокату використано чотири прогиноміри конструкції Аістова з ціною поділки 0,01 мм.

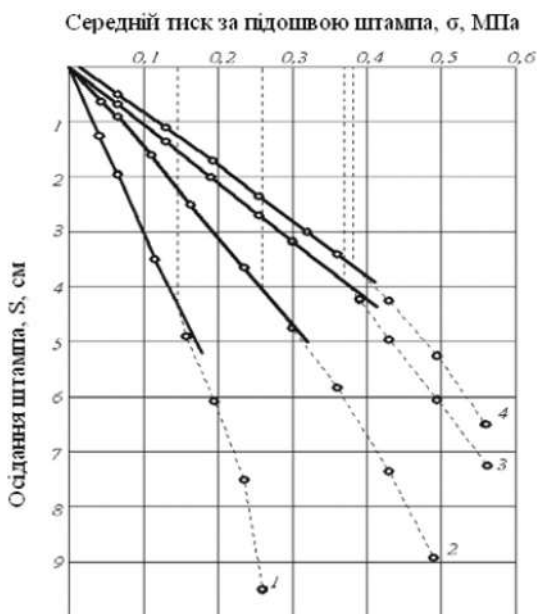


Рис. 8. Результати випробувань основи штампом:
1 – природна зволожена; 2 – природна; 3 – армована зволожена;
4 – армована не зволожена

Зволоження ґрунту нижче підоснови фундаменту виконано за такою схемою: зволожено масив на якому розташовано 12 елементів армування з відстанню між ними 600 мм. Для цього відкопано котлован розмірами у плані 2000 × 2000 мм і глибиною 0,25 м. За наведеною схемою пробурені 5 свердловин діаметром 150 мм глибиною по 4,0 м (до рівня ґрунтової води). Кожну свердловину заповнили щебенем діаметром 20–40 мм. Котлован заповнено щебенем тієї ж фракції.

На рис. 8 наведені графіки залежності осідання штампу від навантаження для чотирьох різних станів основи житлового будинку, які були визначені вище.

З урахуванням задекларованих положень модуль деформації і розрахунковий опір основи за результатами випробовувань штампами склали для:

- природної основи $E = 9,5$ МПа; $= 0,260$ МПа;
- для зволоженої природної основи $E = 5$ МПа; $= 0,145$ МПа;
- для армованої основи $E = 15,6$ МПа; $= 0,385$ МПа;
- для зволоженої армованої основи $E = 14,5$ МПа; $= 0,370$ МПа.

Використання вказаного способу закріплення основи у ґрунтових умовах першого типу за просадочністю показало, що армування ґрунту практично нейтралізувало його просадочні властивості. При цьому стисливість основи зменшилася у 3 рази, а розрахунковий опір її підвищився удвічі. Це дозволило використати стрічкові залізобетонні фундаменти при будівництві 14-поверхового житлового будинку із цегляними несучими стінами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДСТУ Б В.2.7-214:2019. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками [Чинний від 2020-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2019. 15 с.
2. Bondar V., Shulgin V., Demchenko O., Bondar L. Experimental study of properties of heavy concrete with bottom ash from power stations // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 116. Article No. 02007. DOI: 10.1051/mateconf/201711602007 (Transbud-2017).
3. Petrash O., Zotsenko V., Petrash R., Popovych N., Rozhko I., Danova K., Malysheva V., Nikitchenko O., Moroz M., Bogatov O. A mechanized assembly for erecting soil-cement barriers to protect agricultural lands from low-active waste during flood. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. Vol. 5, No. 10(131). P. 29–36.
4. Vu, P. T. A. (2016). Ground improvement using soil-cement method: a case study with laboratory testing and in-situ verification for a highway project in southern Vietnam. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 47(1), 45–49.

REFERENCES:

1. DSTU, B. (2009). 2.7-214: 2009. Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia mitsnosti za kontrolnymy zrazkamy. [Building materials. Concretes. Methods for determining strength using test specimens.] chynnyi vid 2009-12-22.–K. : Minregionbud Ukrainy, 2010.–18 s.
2. Bondar, V., Shulgin, V., Demchenko, O., & Bondar, L. (2017). Experimental study of properties of heavy concrete with bottom ash from power stations. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 116, p. 02007). EDP Sciences.
3. Petrash, O., Zotsenko, V., Petrash, R., Popovych, N., Rozhko, I., Danova, K., ... & Bogatov, O. (2024). A MECHANIZED ASSEMBLY FOR ERECTING SOIL-CEMENT BARRIERS TO PROTECT AGRICULTURAL LANDS FROM LOW-ACTIVE WASTE DURING FLOOD. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 131(10).
4. Vu, P. T. A. (2016). Ground improvement using soil-cement method: a case study with laboratory testing and in-situ verification for a highway project in southern Vietnam. *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, 47(1), 45–49.