

ЗМІСТ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Бакурова А.В., В.В. Білий.</i> Розробка інформаційно-аналітичної системи для фіксації руйнувань внаслідок російської агресії.....	2
--	---

МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>А.В. Русанов, Р.А. Русанов, В.Л. Швецов, М.О. Чугай, С.П. Третьак.</i> Концепція модернізації проточної частини парової турбіни серії К-300 для переходу на супернадкритичні параметри пари.....	11
---	----

ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>О.Ф. Бабічева, С.М. Єсаулов, Р.В. Воронов, В.М. Шавкун.</i> Інтеграція Autocad та штучного інтелекту: сучасні підходи та перспективи розвитку.....	21
<i>А.В. Гордієнко.</i> Інтегральний підхід до визначення терміну експлуатації системи ізоляції електродвигуна ВА3215 в залежності від напруги пробою та температури.....	28
<i>О.М. Ляшенко, О.М. Діденко.</i> Проектування інтегрального освітлення громадських будівель.....	34
<i>М.І. Шпіка, В.А. Герасименко, А.О. Антосик, С.В. Колодяжний.</i> Удосконалена система керування тяговими двигунами послідовного збудження при надмірному ковзанні колісних пар.....	40
<i>Р.М. Брожек.</i> Підвищення ефективності системи джерело живлення-плазмотрон та її енергетичні параметри.....	45

ВИРОБНИЦТВО ТА ТЕХНОЛОГІЇ

<i>І.І. Капцов, Н.І. Капцова, О.І. Налівайко, К.А. Омельченко, О.В. Ромашко.</i> Технічні рішення для зменшення природних втрат нафтопродуктів під час зберігання в резервуарних парках	51
<i>Є.О. Михайлова.</i> Кінетика осадження карбонату кальцію як товарного продукту утилізації відходів содової галузі.....	57
<i>І.А. Авдієнко, В.О. Юрченко, А.М. Христенко.</i> Розрахунок викидів парникових газів з споруд біологічної очистки стічних вод, що працюють за схемою АО.....	64
<i>Н.В. Мірошніченко, О.С. Ломакіна, Д.С. Семенов.</i> Підходи до зниження викидів оксидів азоту від об'єктів теплоенергетики в системі управління екологічною безпекою техногенно навантажених територій.....	71
<i>Д.В. Дядін, О.В. Хандогіна, О.М. Дрозд.</i> Геопросторовий аналіз стану прибережних захисних смуг міських річок.....	77

АРХІТЕКТУРА ТА БУДІВНИЦТВО

<i>Н.С. Вергунова.</i> Термінологічні конотації візіонерської архітектури. Експериментальність, концептуальність та радикальність	85
<i>В.В. Титок, О.М. Ємельянова, О.М. Строк.</i> Визначення та аналіз нетипових факторів, що впливають на тривалість будівельних проєктів.....	90
<i>О.О.Єрошкіна, О.М. Іванов, Д.Ю. Вінтаєв.</i> Обумовленість становлення Слобожанської школи культової архітектури XVII- першої третини XIX ст.....	100
<i>І.В. Кудряшова, А.С. Мартиненко.</i> Орієнталізм як засіб трансляції архітектурного досвіду (кінець XVIII-початок XX ст).....	105

<i>М.Я. Авербах, Я.С. Родик, Л.В. Корнілова.</i> Історичний розвиток круглої форми в архітектурі: від стоунхенджа до apple park.....	114
<i>О.В. Столовий.</i> Кутковість, як український тип сталої одиниці поселення.....	124
<i>В.А. Голіус.</i> Тенденції врахування візуальних якостей архітектури у зелених стандартах на прикладі системи «LEED».....	133
<i>С.А. Ільченко.</i> Діаграми архітектурного значення: спадкоємність і трансформації.....	140
<i>О.В. Вигдорович, О.С. Удовиченко.</i> Законодавча база реконструкції кварталів застарілого житлового фонду-проблеми та перспективи.....	148
<i>Д. А. Шаталюк.</i> Розробка інструменту для оцінки сприйняття архітектурного середовища у віртуальній реальності	155
<i>К.С. Чечельницька.</i> Ритманаліз як ефективний інструмент адаптивності урбаністики	161
<i>Т.Д. Рищенко, О.В. Смірнова, М.А. Вотінов, Ю.В. Фурсов, С.А. Бушманов.</i> Використання інноваційних технологій для рішення екологічних проблем в архітектурно-містобудівному проєктуванні.....	166
<i>З.К. Зібров.</i> Фактори формування житлових районів у Харкові: історико-просторовий аналіз XVIII-XIX ст. (губернський період).....	174
<i>Ю.С. Велігоцька, Н.П. Сільвестрова.</i> Формотворення природоінтегрованої архітектури як відображення сучасної теорії архітектури.....	183
<i>Д.П. Акульшин.</i> Палац праці в Харкові: архітектурні трансформації та підходи до післявоєнної реконструкції	189
<i>Н.Р. Антонюк, В.С. Духіна.</i> Архітектурно-конструктивні особливості проєктування висотних будівель з клеєної масивної деревини.....	198
<i>А.С. Борисенко, А.О. Руденко.</i> Сучасні особливості громадсько-торгівельних центрів в стилістичній частині гібридних споруд.....	205
<i>П.О. Васильєв, М.В. Васильєва.</i> Формування безбар'єрних громадських просторів в історичному середовищі: виклики та можливості.....	212
<i>О.С. Шушлякова.</i> Прийоми комплексного архітектурного проєктування у формуванні спортивно-реабілітаційних комплексів в міському середовищі.....	220
<i>О.М. Дудка.</i> Комплексний підхід в архітектурному проєктуванні поліфункціональних ділових будівель та їх типологічні характеристики.....	227
<i>Г.А. Коровкіна, Л.М. Швець.</i> Архітектурно-містобудівні засади проєктування мережі паркінгів подвійного призначення.....	233
<i>І.О. Рибалка, П.П. Бикова, Ю.І. Вергелес.</i> Ландшафтно-просторова структура території загальноосвітнього навчального закладу: пропозиції щодо оптимізації	242
<i>А.М. Бідаков, Jockwer Robert, Just Alar, Tuhkanen Eero, Д.В. Кочкар'юв.</i> Універсальне з'єднання на вклеєних стержнях для дерев'яних конструкцій будівель з панелей із поперечно-клеєної деревини.....	252
<i>К.І. Вяткін, Ф.І. Казімагомедов, А.В. Колодезний, А.І. Руденко, А.М. Доценко, Б.В. Підопригора, А.І. Черепенець.</i> Реконструкція міських територій: проєктування дорожньо-транспортних споруд.....	264
<i>А.О. Мозговий, О.П. Бондар, О.В. Самородов, Г.Л. Ватуля.</i> Досвід застосування підпірних стін котлованів у якості огорожуючих конструкцій підземних приміщень подвійного призначення (укриттів) багатоповерхових будівель.....	271

<i>А.О. Атинян, С.М. Братішко, І.В. Говоруха, М.Н. Джалалов, О.М. Пустовойтова.</i> Аддитивні технології в сучасному монолітному будівництві.....	284
<i>Л.Б. Коваленко, Г.А. Кузнецова.</i> Математичне моделювання як засіб формування аналітичних навичок майбутніх інженерів.....	291
<i>Н.М. Золотова, О.Ю. Супрун, О.І. Савченко, А.І. Ониськів.</i> Оптимізація процесу в'язки арматури у монолітному житловому будівництві: організаційно-технологічні рішення.....	297
<i>А.І. Чубін.</i> Розробка і впровадження систем моніторингу технічного стану будівель та інфраструктурних об'єктів для своєчасного виявлення дефектів і прогнозування їхнього розвитку.....	305
<i>О.В. Замицький, А.М. Ялова.</i> Дослідження природної вентиляції у термомодернізованому будинку.....	314
<i>О.І. Лугченко, Н.О. Псурсева, О.Ю. Кулаков.</i> Визначення критичних сил втрати стійкості металевих силосів.....	321
<i>А.В. Явеляєв.</i> Моделювання змін геотехнічних властивостей ґрунтів при зволоженні: методичний підхід і прикладне дослідження (на прикладі Саржиного Яру).....	328
<i>А.Г. Батракова, С.М. Урдзік, Є.В. Дорожко, І.С. Шелкова, І.В. Назаренко.</i> Визначення стану водопропускної труби за результатами георадарного зондування.....	334
<i>А.С. Карагуяр, М.Г. Михайлов, А.А. Тітов, Г.І. Благодарна.</i> Дослідження ефективності роботи швидких фільтрів при різних режимах фільтрування	340
<i>М.М. Селезньов, Д.Ю. Рудиця.</i> Проєктування дорожньо-транспортних споруд у територіальних і регіональних системах розселення.....	348
<i>П.С. Цигенко.</i> Міські агломерації: сутність, структура та основні етапи розвитку.....	355
<i>С.А. Потапов.</i> Технологія виробництва полегшених фундаментних блоків з вкладишами з пінополістиролу.....	362
<i>В.О. Івасенко, О.В. Завальний.</i> Принципи та засоби проєктування перехресть у населених пунктах з урахуванням зменшення дорожньо-транспортних пригод.....	368
<i>К.В. Спіранде, Р.М. Шемет, М.В. Якименко.</i> Аналіз ефективності конструктивних параметрів двотаврових сталезалізобетонних модифікованих балок	377
<i>А.В. Набока, П.М. Фірсов, Д.Г. Петренко.</i> Визначення деформативності конструктивної системи збірно-монолітного перекриття теріва гідростатичним методом.....	384
<i>Р.В. Петраш, О.В. Петраш, В.В. Шульгін, Л.В. Бондар, С.В. Яхін.</i> Ефективність використання ґрунтоцементу при будівництві споруд сільськогосподарського призначення.....	390
<i>К.А. Мамонов, В.В. Гой, В.В. Харів.</i> Теоретико-методичні підходи до визначення геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови регіонів.....	396
<i>М.А. Кухар, Т.С. Горошанський.</i> Сучасний підхід до вирішення задач збору та аналізу просторової інформації.....	401
<i>Ю.Б. Радзінська, С.Ю. Кузьменко, А.О. Жегульська.</i> Геоінформаційні системи у плануванні містобудівних рішень.....	408

<i>О.О. Воронов.</i> Контроль точності геодезичних супутникових вимірів.....	413
<i>Р.С. В'яткін, А.М. Крохмаль, Т.М. Чайка.</i> Практичні аспекти застосування методу оцінки рівня розробки геопросторового забезпечення використання земель промисловості регіонів.....	419
<i>В.С. Ковальчук, С.В. Груша, А.В. Павлов-Удовенко.</i> Чинники територіального розвитку використання земель регіонів.....	426
<i>Г.І. Шарий, І.В. Ткаченко, Т.С. Одарюк.</i> Консолідація-один із головних актуалітетів розвитку відносин на землях сільськогосподарського призначення в Україні.....	431
<i>І.І. Садовий, С.Г. Могильний, Д.Д. Хайнус, С.О. Винограденко, А.О. Сєдов.</i> Гіс-технології у оцінці земель: європейський досвід для вдосконалення української практики.....	440
<i>М.О. Пілічева.</i> Комплексний аналіз типових порушень нормативних вимог встановлення меж земельних ділянок об'єктів електроенергетики.....	447
<i>А.А. Євдокімов, О.Ю. Ієвлева, Є.Є. Луппов.</i> Геоінформаційне моделювання лісових ресурсів на основі даних мобільного лазерного сканування.....	453
<i>С.Г. Нестеренко, О.В. Байструк, І.О. Демочко, О.В. Фролов.</i> Сучасні технології моніторингу використання земель територіальних громад з урахуванням різних умов обмежень.....	459
<i>В.В. Касьянов, В.О. Фролов, О.І. Бушев, В.П. Темченко.</i> Правові аспекти та сучасні виклики у робочому проєктуванні зумлеустрою.....	464
<i>А.В. Ткачук, І.Ю. Шинкаренко, А.В. Макаров.</i> Дросельне регулювання у закритих зрошувальних мережах: розрахунок підвищення тиску.....	472
<i>В.Г. Новохатній, І.С. Усенко, С.М. Садовий, Д.О. Гах.</i> Необхідність розбудови бюветного водопостачання малих міст і селищ Полтавщини.....	479

ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

<i>Р.І. Майборода, Ю.А. Отрош.</i> Дослідження методики розрахунку стійкості до прогресуючого обвалення будівель внаслідок пожежі та вибуху.....	485
<i>Ю.О. Абрамов, В.С. Коломієць, В.О. Собина.</i> Особливості вибору систем пожежогасіння та використання розпиленої води при гасінні пожеж.....	496
<i>Е. Щолоков, К. Шевченко.</i> Виявлення особливостей евакуації дітей дошкільного віку різних вікових групою.....	503
<i>Ю.П. Ключка, Д.О. Дорошенко.</i> Оцінка часу досягнення пожежовибухонебезпечних концентрацій в приміщенні при розгерметизації балону з пропан-бутаном.....	509
<i>Н.В. Саєнко, А.І. Березовський, Б.Я. Копил, О.М. Григоренко, О.М. Джулай.</i> Оцінка термічної стабільності стирол-акрилових покривів інтумесцентного типу.....	516
<i>Є.С. Руднєв.</i> Схильність шахтопластів до ендогенної пожежонебезпеки та основні компоненти вугілля.....	525
<i>О.П. Протасенко, А.І. Івашура.</i> Соціальні медіа і блоги: як цифровий контент впливає на проблеми безпеки праці.....	534

<i>О.Г. Панченко.</i> Розробка системи контролю за безпекою транспортування радіоактивних матеріалів.....	543
<i>О.М. Мирошниченко, Ю.П. Ненько, О.М. Землянський, В.Ю. Дендаренко, М.А. Куценко.</i> Оцінка ефективності системи цивільного захисту з попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у прикордонних районах України.....	551
<i>О.І. Губачов.</i> Аналіз динаміки та структури виробничого травматизму в Україні (1992-2024 рр) і порівняння з країнами Європейського союзу.....	559
<i>Д.В. Резнік, О.О. Ченчева, Є.Є. Лашко, С.В. Сукач, Д.С. Гаврилець.</i> Оцінювання рівнів шумового впливу та ризиків у виробничому середовищі навчальних майстерень для підготовки електромонтерів і зварювальників.....	571
<i>С.Л. Бубон, Т.О. Негрій.</i> Дослідження параметрів якості повітря приміщень типу open space підземного розташування.....	580
<i>К.В. Данова, В.В. Малишева, Н.М. Попович, О.Ю. Нікітченко, Л.С. Колибельнікова.</i> Аналіз вхідних параметрів для моделювання пересування осіб з інвалідністю у контексті забезпечення безпеки персоналу.....	586

ТРАНСПОРТ

<i>А.В. Труфанова.</i> Дослідження надійності пасажирських вагонів.....	591
<i>О.В. Фомін, О.В. Бурлуцький, І.І. Кульбовський, Л.А. Веремеєнко.</i> Моделювання та запобігання корозії в несучих елементах вантажних вагонів.....	597
<i>Г. Мигаль, В. Голомисов.</i> Ергономічний аналіз засобів візуальної комунікації в транспортному середовищі.....	606
<i>О.В. Павленко, Д.О. Музильов, Є.П. Медведєв.</i> Модель автотранспортного обслуговування замовлень при доставці вантажів повітряним транспортом у міжнародному сполученні.....	616
<i>П.Є. Вакуленко, Д.Л. Бурко, К.Є. Вакуленко.</i> Організація перевезень м'ясної продукції як приклад розвитку холодної логістики в Україні.....	623
<i>Н.О. Тюрдьо, О.А. Максимюк.</i> Дослідження взаємозв'язків між професійними особливостями водіїв та рівнем їх теоретичної підготовки.....	630
<i>О.В. Свічинська, А.В. Резнік.</i> Аналіз поточного стану і перспективи розвитку логістичного ринку України.....	636
<i>С.Е. Лифенко, Д.П. Понкратов.</i> Методика оцінювання ефективності функціонування громадського транспорту в умовах сталого розвитку міської транспортної системи.....	643
<i>О.О. Орда, О.М. Орда.</i> Методика формування раціональної технології перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом.....	650

CONTENTS

INFORMATION TECHNOLOGY

<i>A. Bakurova, V. Bilyi.</i> Development of an information and analytical system for recording destruction due to Russian aggression.....	2
--	---

MECHANICAL ENGINEERING

<i>A.V. Rusanov, R.A. Rusanov, V.L. Shvetsov, M.O. Chugay, S.P. Tretiak.</i> Concept of modernization of the K-300 series steam turbine flow part for transition to supercritical steam parameters.....	11
---	----

ELECTRICAL ENGINEERING

<i>O. Babicheva, S. Yesaulov, R. Voronov, V. Shavkun.</i> Integration of Autocad and artificial intelligence: modern approaches and development prospects.....	21
<i>A. Hordiienko.</i> Integrated approach to the study of the dependence of the aging of the insulation system of the VAZ215 electric motor on the breakdown voltage and temperature during the service life.....	28
<i>O. Liashenko, O. Didenko.</i> Integrative lighting design of public buildings.....	34
<i>M. Shpika, V. Herasymenko, A. Antosyk, S. Kolodiaznyi.</i> Advanced control system for series-wound traction motors under excessive wheelset slippage.....	40
<i>R. Brozhko.</i> Increasing the efficiency of the power source system plasmatron and its energy parameters.....	45

PRODUCTION AND TECHNOLOGY

<i>I. Kaptsov, N. Kaptsova, O. Nalivaiko, K.A. Omelchenko, O. Romashko.</i> Technical solutions to reduce natural losses of petroleum products during storage in tank farms.....	51
<i>E. Mykhailova.</i> Kinetics of calcium carbonate precipitation as a commercial product of soda industry waste disposal.....	57
<i>I.A. Avdiienko, V.O. Iurchenko, A.M. Khrystenko.</i> Calculation of greenhouse gas emissions from biological wastewater treatment facilities operating under the AO scheme.....	64
<i>N. Miroshnychenko, O. Lomakina, D. Semenov.</i> Approaches to reducing nitrogen oxide emissions from heat and power facilities in the environmental safety management system of technologically loaded areas.....	71
<i>D. Diadin, O. Khandogina, O. Drozd.</i> Geospatial analysis of the condition of urban river riparian buffer zone.....	77

DESIGN AND ARCHITECTURE

<i>N. Vergunova.</i> Terminological connotations of visionary architecture. Experimental, conceptual and radical.....	85
<i>V. Tytok, O. Emelianova, O. Strok.</i> Identification and analysis of atypical factors affecting the duration of construction projects.....	90
<i>O.O. Eroshkina, O.M. Ivanov, D.Yu. Vintaev.</i> Conditions for the formation of the slobozhan school of cultural architecture of the 17 th -first third of the 19 th century.....	100
<i>I.Kudriashova, A. Martinenko.</i> Orientalism as a medium for the transmission of architectural experience (late 18 th – early 20 th century).....	105
<i>M. Averbakh, Y. Rodyk, L. Kornilova.</i> Historical development of round shape in architecture: from stonehead to apple park.....	114

<i>O. Stolovyi.</i> Kutok: a Ukrainian type of sustainable settlement unit	124
<i>V. Holius.</i> Trends in taking into account visual qualities of architecture in green standards using the example of the leed system.....	133
<i>S. Ilchenko.</i> Diagrams of architectural knowledge: inheritance and transformations.....	140
<i>O. Vyhdorovych, O. Udovychenko.</i> Legislative framework for reconstruction of quarters of obstacle housing stock-problems and prospectso.....	148
<i>D. Shataliuk.</i> Development of a tool for assessing the perception of architectural environment in virtual reality.....	155
<i>K. Chechelnytska.</i> Rhythmanalysis as a effective tool of adaptive urbanism	161
<i>T.D. Ryshchenko, O.V. Smirnova, M.A. Votinov, Yu.V. Fursov, S.A. Bushmanov.</i> Usage of innovative technologies to solving environmental problems in architectural and urban planning design.....	166
<i>Z. Zibrov.</i> Factors in the formation of residential districts in Kharkiv: a historical and spatial analysis of the 18 th -19 th anturies (gubernial period).....	174
<i>Yu. S. Veligotska, N.P. Silvestrova.</i> Formation of natureintegrated architecture as a visualization of theory of architecture.....	183
<i>D. Akulshyn.</i> The palace of labour in Kharkiv: architectural transformations and approaches to post-war reconstruction	189
<i>N. Antoniuk, V. Dukhina.</i> Architectural and structural features of designing high-rise buildings with glued laminated timber.....	198
<i>A.S. Borysenko, A.O. Rudenko.</i> Modern features of podium-based public commercial centers in hybrid high-rise buildings.....	205
<i>P. Vasyliiev, M. Vasyliieva.</i> Designing inclusive public spaces in historic urban contexts: challenges and opportunities.....	212
<i>O. Shushliakova.</i> Methods of integrated architectural design in the formation of sports and rehabilitation complexes in the urban environment	220
<i>O. Dudka.</i> Integrated approach in the architectural design of multifunctional business buildings and their typological characteristics.....	227
<i>A. Korovkina, L. Shvets.</i> Architectural and urban planning principles for designing a network of dual-purpose parking lots in a development.....	233
<i>I.O. Rybalka, P.P. Bykova, Y.I. Vergeles.</i> Langscape and spatial structure of a high school ground: suggestion for optimization.....	242
<i>Andrii Bidakov, Jockwer Robert, Just Alar, Tuhkanen Eero, Dmitrii Kochkarev.</i> Universal connection on glued in steel rods for timber structures with cross laminated timber panels.....	252
<i>K. Viatkin, F. Kazimagomedov, A. Kolodezny, A. Rudenko, A. Dotsenko, B. Pidopryhora, A. Cherepynets.</i> Reconstruction of urban territories: design of road and transport structures.....	264
<i>A. Mozhovyi, O. Bondar, O. Samorodov, H. Vatulia.</i> Experience in using retaining wales of excavatios as enclosing structures for dual-purpose underground facilities (shelters) in multi-storey buildings.....	271
<i>A. Atynian, S. Bratishko, I. Hovorukha, M. Dzhalalov, O. Pustovoitova.</i> Additive technologies in modern monolitnic construction.....	284

<i>L.Kovalenko, H. Kuznetsova. Mathematical modelling as a means of developing analytical skills of future engineers.....</i>	291
<i>N. Zolotova, O. Suprun, O. Savchenko, A. Onyskiv. Optimisation of the reinforcement binding process in monolithic residential construction: organizational and technological solutions.....</i>	297
<i>A. Chubin. Development and implementation of systems for infrastructure facilities for timely detection of defects and forecasting their development.....</i>	305
<i>O.V. Zamytskyi, A.M. Yalova. Research of natural ventilation in a thermally modernized building.....</i>	314
<i>O. Lugchenko, N. Psurtseva, O. Kulakov. Determination of critical buckling loads of metal silos.....</i>	321
<i>A.V. Yaveliaev. Modeling changes geotechnical properties of soils during wetting: a methodological approach and applied research (on the example of arzhyn yar)</i>	328
<i>A. Batrakova, S. Urdzik, E. Dorozhko, I. Shelkova, I. Nazarenko. Determining the condition of a culvert based on the results of ground penetrating radar probing.....</i>	334
<i>A. Kabahiaur, M. Mykhailov, A. Titov, H. Blahodarna. Research on the efficiency of rapid filters under different filtering modes.....</i>	340
<i>M. Seleznev, D. Rudytsia. Design of road and transport structures in territorial and regional settlement systems.....</i>	348
<i>Pavlo Tsyhenko. Urban agglomerations: essence, structure and main stages of development.....</i>	355
<i>S. Potapov. Production technology of lightweight foundation blocks with inserts of polystyrene foam.....</i>	362
<i>V. Ivasenko, O. Zavalnyi. Principles and measures for designing intersections in urban areas with consideration of road traffic accident reduction.....</i>	368
<i>K. Spirande, R. Shemet, M. Iakymenko. Analysis of the efficiency of the design parameters of i-sectional steel-reinforced concrete modified beams.....</i>	377
<i>A. Naboka, P. Firsov, D. Petrenko. Determination of the deformability of the teriva precast-monolithic overlapping structural system using hydrostatic method.....</i>	384
<i>R. Petrash, O. Petrash, V. Shulgin, L. Bondar, S. Yakhin. Soil-cement utilization efficiency in agricultural structures construction.....</i>	390
<i>K. Mamonov, V. Goi, V. Khariv. Theoretical and methodological approaches to determining geospatial monitoring of land use of residential and public buildings of regions.....</i>	396
<i>M.A. Kukhar, T.C. Horoshanskyi. Modern approach to solving problems of spatial information collection and analysis.....</i>	401
<i>Y. Radzinska, S. Kuzmenko, A. Zhehulska. Geoinformation systems in urban planning solutions.....</i>	408
<i>O. Voronkov. Control of the accuracy of geodetic satellite measurements.....</i>	413
<i>R. Viatkin, A. Krokmal, T. Chaika. Practical aspects of applying the method of evaluating the level of development of geospatial support for the use of land industry.....</i>	419
<i>V. Kovalchuk, S. Grusha, A. Pavlov-Udovenko. Factors of territorial development of land use of regions.....</i>	426

<i>G. Shary, I. Tkachenko, T. Odaryuk.</i> Consolidation is one of the main current issues in the development of relations on agricultural lands in Ukrain.....	431
<i>I. Sadovyy, S. Mohylnyi, D. Khainus, S. Vynohradenko, A. Siedov.</i> Gis technologies in land valuation: European experience for improving Ukrainian practice.....	440
<i>M. Pilicheva.</i> Comolex analysis of typical violations of regulatory requirements establishing boundaries of land plots of electric power facilities.....	447
<i>A. Yevdokimov, O. Ievleva, E. Luppov.</i> Geoinformation modeling of forest resources based on mobile laser scanning data.....	453
<i>S. Nesterenko, O. Baistruk, I. Demochko, O.Frolov.</i> Modern technologies for monitoring the use of land by local communities, taking into account various constraints..	459
<i>V. Kasyanov, V. Frolov, O. Bushev, V. Temchenko.</i> Legal aspects and current challenges in land management design.....	464
<i>A.V. Tkachuk, I.Yu. Shynkarenko, A.V. Makarov.</i> Throttle control in closed irrigation networks: calculation of pressure increase.....	472
<i>V. Novokhatniy, I. Usenko, S. Sadovyi, D. Gakh.</i> The need for developing borehole water supply systems in small towns and settlements of Poltava region.....	479

CIVIL SECURITY

<i>R. Maiboroda, Yu. Otrosh.</i> Research on the methodology for calculating resistance to progressive collapse of buildings due to fire and explosion.....	485
<i>Y. Abramov, V. Kolomiets, V. Sobyna.</i> Peculiarities of selecting fire extinguishing systems and using sprayed water to extinguish fires.....	496
<i>E. Shcholokov, K. Shevchenko.</i> Identification of the features of evacuation of preschool children of different age groups.....	503
<i>Y. Klyuchka, D. Doroshenko.</i> Estimation of the time of reaching fire and explosive concentrations in the room when a propane-butane cylinder is depressurized.....	509
<i>N. Saienko, A. Berezovskyi, B. Kopyl, O. Hryhorenko, O.Dzhulai.</i> Evaluation of the thermal stability of styrene-acrylic intumescent coatings.....	516
<i>Ye. Rudniev.</i> The tendency of coal seams to endogenous fire hazard and the main components of coal.....	525
<i>O. Protasenko, A. Ivasenko.</i> Social media and blogs: how digital content influences occupational safety issues.....	534
<i>O. Panchenko.</i> Development of a control system for the safety of radioactive materials transportation.....	543
<i>O. M. Myroshnyk, Y.P. Nenko, O.M. Zemlyansky, V. Yu. Dendarenko, M.A. Kutsenko.</i> Assessment of the effectiveness of the civil protection system in preventing and responding to emergencies in the border areas of Ukraine.....	551
<i>O. Hubachov.</i> Analysis of the dynamics and structure of industrial injuries in Ukraine (1992-2024) and comparison with European union countries.....	559
<i>D. Rieznik, O. Chenchewa, Ye. Lashko, S. Sukach, D. Havrylets.</i> Assessment of noise exposure levels and risks in the production environment of training workshops for training electricians and welders.....	571
<i>S. Bubon, T. Negriy.</i> Research of air quality parameters of open spase underground location.....	580

<i>K. Danova, V. Malysheva, N. Popovych, O. Nikitchenko, L. Kolybelnikova. Analysis of input parameters for modelling the movement of persons with disabilities in the context of ensuring personnel safety.....</i>	586
--	-----

T R A N S P O R T

<i>A. Trufanova. Study of the reliability of passenger cars.....</i>	591
<i>O.V. Fomin, O.V. Burlutskyi, I.I. Kulbovskyi, L.A. Veremeienko. Modeling and prevention of corrosion in load-bearing elements of freight cars.....</i>	597
<i>G. Mygal, V. Holomysov. Ergonomic analysis of visual communication means in the transport environment.....</i>	606
<i>O. Pavlenko, D. Muzylov, Ye. Medvediev. Model of automotive transport orders service for air cargo delivery in international connection.....</i>	616
<i>P. Vakulenko, D. Burko, K. Vakulenko. Organization of meat product transportation as an example of cold chain development in Ukraine.....</i>	623
<i>N. Tiurdio, O. Maksymiuk. Research the links between driver's professional skills and their level of theoretical training.....</i>	630
<i>O. Svichynska, A. Rezyk. An analysis of the current status and future development of Ukraine's logistics sector.....</i>	636
<i>S. Lyfenko, D. Ponkratov. Methodology for evaluating the efficiency of public transport operation in the context of sustainable urban transport system development.....</i>	643
<i>O. Orda, O. Orda. Methodology for the formation of a rational passenger transport technology in urban areas.....</i>	650

Р.В. Петраш, О.В. Петраш, В.В. Шульгін, Л.В. Бондар, С.В. Яхін

Полтавський державний аграрний університет, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ГРУНТОЦЕМЕНТУ ПРИ БУДІВНИЦТВІ СПОРУД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У цьому дослідженні авторами проведено аналіз альтернативних рішень фундаментів каркасної будівлі сільськогосподарського призначення. Так у роботі було проаналізовано окремо стоячий фундамент на палях залізобетонних бурових, палях буроін'єкційних та палях буронабивних, виготовлених за бурозмішувальною технологією. Використовуючи метод техніко-економічного порівняння за коефіцієнтом приведених витрат доведено ефективність рішення фундаменту на ґрунтоцементних палях.

Ключові слова: фундамент, паля, ґрунтоцемент, ефективність, бурозмішувальна технологія

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Територія України характерна складними інженерно-геологічними умовами. Досить часто зустрічаються ґрунти несприятливі для їх використання в якості основи будівель та споруд. До них належать насипні ґрунти, пухкі піски, нашарування утворені техногенною діяльністю людини, мулисті ґрунти тощо. Близько 60 % рівнинної території України в основі мають лесові ґрунти, які при замоканні проявляють просадочні властивості. Використання їх в якості основи призводить до нерівномірних деформацій під навантаженням. В таких випадках обґрунтованим інженерним рішенням стають фундаменти на палях. Ці конструкції в оригінальному задумі прорізають товщу некондиційних ґрунтів та сягають вістрям міцного ґрунту. Навантаження ж передається частково вістрям та частково бічною поверхнею палі.

При спорудженні будівель сільськогосподарського призначення до традиційних задач геологічного походження додається задача логістична. Ця задача традиційно полягає у віддаленості об'єктів будівництва від виробничих потужностей і пов'язана із необхідністю транспортувати значну кількість конструкцій та матеріалів на значні відстані. В таких умовах визначення ефективності того чи іншого типу фундаменту є актуальним завданням проектного етапу організації будівництва будівель та споруд сільськогосподарського призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблему ефективності ґрунтоцементних елементів (паль чи елементів армування основи) досліджують вчені з різноманітних точок зору. Так в [1] досліджено технологічні аспекти виробництва ґрунтоцементних паль із використанням бурозмішувальної технології в польових умовах. Проведено нормативне спостереження та оцінку якості технологічного процесу. Автори [2] провели емпіричне дослідження ґрунтоцементних паль, що підтримують фундамент висотних будівель. Було оцінено їх механічні властивості і виконано порівняльний аналіз ефективності утворених фундаментів. У роботі [3] розроблено аналітичну модель для оцінки бічної динамічної реакції ґрунтоцементної палі зі сталевим сердечником під горизонтальними навантаженнями. Виявлено важливу роль радіуса сердечника і модуля пружності на динамічну жорсткість та згасання коливань. Автори [4] запропонували метод контролю якості глибоких ґрунтоцементних елементів, ґрунтуючись на вимірюванні вмісту цементу в кернах зразках. Було встановлено зв'язок між рівномірністю розподілу цементу та міцністю виготовлених елементів. У [5] проведено моделювання поведінки груп ґрунтоцементних паль під сейсмічними навантаженнями на піщаному ґрунті. Автори використовували стендові тести, виявили покращення стабільності фундаменту завдяки бурозмішувальній технології. У [6, 7] було оцінено вплив характеристик ґрунтоцементу на поведінку паль на м'якому морському ґрунті, зокрема під час висхідних навантажень. Авторами визначено, що підвищена міцність матеріалу покращує опір підйомним силам. Аналіз включав вимірювання умов змішування та показників якості отриманих

елементів. Автори [8] Моделювали температурне поле ґрунтоцементної палі під фундаментом на просадочному ґрунті. Виявили, як тепло, що виділяється при гідратації, поширюється по глибині основи, впливаючи на процес влаштування наступних елементів. В [9] описано польовий випадок застосування бурозмішувальної технології для покращення просадочного ґрунту в Малайзії. Проведено оцінку ефективності стійкості ґрунту під навантаженням. Ґрунтоцемент продовжує бути широко представленим у дорожньому будівництві: так автори [10] порівняли традиційні і Т-подібні ґрунтоцементні палі для стабілізації основи під швидкісні залізниці. Встановлено вищу ефективність Т-подібної конструкції для зменшення осідань. У [11] автори досліджували механізм передачі навантаження для систем, де під ними розташована плита або насип поверх ґрунтоцементних паль. Було використано центрифужні моделі та числове моделювання, що довело значимість жорсткості ґрунтоцементних елементів. Попри значимість отриманих авторами [2-11] результатів, питання механізму оцінювання доцільності використання ґрунтоцементу проти фундаменту з інших матеріалів залишається недостатньо представленим.

Формулювання мети статті

Метою цього дослідження є оцінка ефективності ґрунтоцементного фундаменту в порівнянні із аналогами шляхом техніко-економічного порівняння варіантів влаштування фундаменту для будівлі сільськогосподарського призначення. Вторинною метою є встановлення меж ефективного використання бурозмішувальної технології для фундаментів саме будівель сільськогосподарського призначення.

Виклад основного матеріалу

Конструкції з ґрунтоцементу отримали велику популярність у фундаментобудуванні. Оскільки ґрунтоцемент дозволяє суттєво зміцнити ґрунт основи за рахунок просочування його цементним розчином. Внаслідок цього утворюється міцний та водонепроникний матеріал. Також, внаслідок використання ґрунтів основи в якості матеріалу для ґрунтоцементних елементів, можна значно зменшити вартість в порівнянні з бетоном.

Бурозмішувальна технологія (рис. 1) передбачає розпушення ґрунту на місці його природнього залягання під час буріння основи під майбутнім фундаментом без виймання ґрунту. Паралельно з бурінням, розчинонасос прокачує через вертлюг та бурові труби, суміш цементу з водою у ґрунт навколо вістря буру. Закачка суміші проводиться під тиском від 0,2 до 0,5 МПа (рис. 1, А). Суміш переміщується із пухким ґрунтом за допомогою бурового

наконечника до однорідного стану (рис. 1, Б). Забурювання, подача цементного молока і розмішування з ґрунтом проводиться вздовж осі ґрунтоцементного елементу на його повну глибину (рис. 1, В). По завершенні буріння, починається процес тужавіння та набору міцності ґрунтоцементом у природньому середовищі, в результаті чого отримується нерозмочуваний у воді каменеподібний матеріал (рис. 1, Г).

Описані вище елементи успішно можуть бути виготовленими нижче рівня ґрунтових вод. За певною аналогією до бетонів ґрунтоцемент стає з плином часу міцнішим.

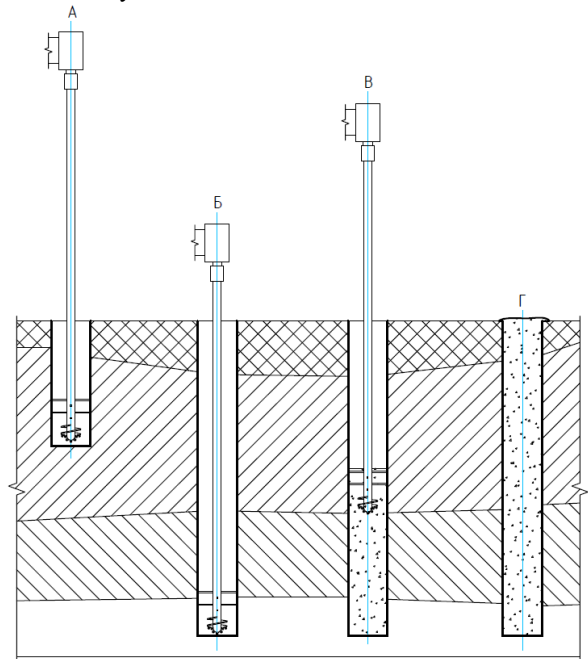


Рис. 1. Схематичне представлення бурозмішувальної технології виготовлення ґрунтоцементних елементів.

Підбір складу ґрунтоцементного розчину проводився в лабораторних умовах. Важливу технологічну роль при виготовленні ґрунтоцементу має водо-цементне відношення суміші. Оскільки потрібно забезпечити прокачування суміші через розчинонасос, вертлюг, та бурові штанги. Також необхідно забезпечити достатню марку міцності готового ґрунтоцементного елементу.

Для порівняльної характеристики були обрані три конкурентно спроможні варіанти фундаменту на ґрунтоцементних армованих палях (у табл. 1 позначений як «3»), буронабивних бетонних (табл. 1 позначений як «1») палях та буроін'єкційних палях (табл. 1 позначений як «2»), на прикладі будівництва будівлі сільськогосподарського призначення.

Для усіх 3-х варіантів фундаментів характерне наступне: довжина паль складає 7 м; діаметр паль – 0,45 м (площею 0,16 м²); висота ростверку – 0,6 м; при однаковій довжині, елементи вістрям сягають суглинку коричневого в основі, тугопластичної

консистенції з карбонатами, об'ємною вагою 17,91 кН/м³ з модулем деформації 12 МПа. Навантаження на 1 палю відповідно до статичних випробовувань складо N = 550 кН (рис.2).

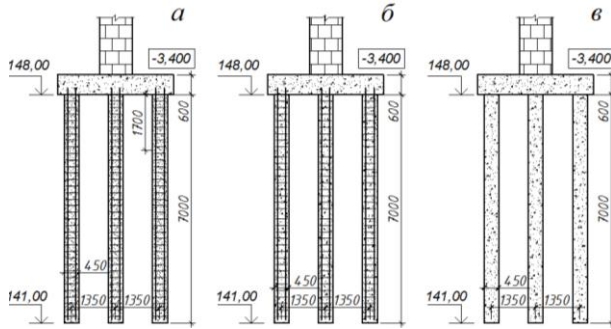


Рис. 2. Схематичне зображення палих фундаментів під виробничу будівлю сільськогосподарського призначення: а – ґрунтоцементні палі; б – бурунабівні палі; в – буруін'єкційні палі

Витрати цементу на ґрунтоцементні палі заплановано у кількості 50 кг на одиницю довжини палі, або 250 кг на 1 м³ абсолютно сухого ґрунту.

По розгляданню альтернативним варіантам фундаментів розраховано: обсяги земляних робіт; об'єм бетону на влаштування підземної частини та ростверків

Економічну ефективність ґрунтоцементних фундаментів ми визначили шляхом складання локальних кошторисних розрахунків для всіх трьох варіантів фундаментів, прийнявши бурунабівні бетонні палі за базовий варіант. Для складання локальних кошторисів за формою №4 використано програмний продукт АВК-5. Для коректності розрахунків нами було виміряно у виробничих умовах норми витрат часу робітників-будівельників, машин а також норми витрат матеріалів на виготовлення одиниці ґрунтоцементних елементів. Для альтернативних типів фундаментів ми використали вже напрацьовані Держбудом України розцінки.

Оцінка економічної ефективності використання різних типів фундаментів здійснюється на основі показника приведених витрат, за наступною формулою:

$$Z_n = C + E_n \cdot K, \quad (1)$$

де: Z_n – показник приведених витрат;

C – собівартість будівельних робіт;

$E_n = 0,16$ – усереднений коефіцієнт ефективності інвестування;

K – загальна сума інвестицій (капітальні вкладення у виробничі фонди).

Величини C і K прирівнюють з урахуванням нормативного коефіцієнта ефективності капіталовкладень E_n , що визначає мінімально допустимий рівень зниження собівартості на

одиницю додаткових інвестицій, за якого такі вкладення вважаються економічно доцільними.

Собівартість будівництва визначається наступним чином:

$$C = PB + 3BB, \quad (2)$$

де PB – прямі витрати, грн. Цей вид витрат включає безпосереднє виконання робіт, що формують собівартість.

$3BB$ – загальновиробничі витрати згідно кошторису, грн.

Капітальні вкладення у виробничі фонди визначаються наступним чином:

$$K = K_{ОВФ} + K_{обігові\ кошти}, \quad (3)$$

де: $K_{обігові\ кошти} = C_{см}/K_{обор}$ – обігові кошти; $K_{ОВФ}$ – основні виробничі фонди (далі – ОВФ); $C_{см}$ – проектна кошторисна вартість, грн.

Вартість ОВФ визначається таким чином:

$$K_{ОВФ} = \sum_{i=1}^n \frac{\Phi_i \cdot T_{i,об}}{T_{i,річ}}$$

де Φ_i – первісна вартість поточної машини, грн.;

T_i – час експлуатації поточної машини за призначенням, год.; $T_{i,річ}$ – стандартний час роботи протягом року, год.

Результати порівняння вартості влаштування різних типів фундаментів приведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Економічна ефективність фундаментів

Індикатори	Альтернативні варіанти фундаментів		
	1	2	3
Прямі витрати, млн. грн.	3,91	3,92	1,54
Кошторисна заробітна плата, млн. грн.	0,91	0,72	0,81
Загальновиробничі витрати, млн. грн.	0,61	0,52	0,58
Усього за кошторисом, млн. грн.	4,52	4,36	2,12
Кошторисний прибуток, млн. грн.	0,17	0,14	0,16
Розраховані показники			
ЗВВ згідно кошторису, млн. грн.	0,6	0,50	0,58
Собівартість будівництва, млн. грн.	4,52	4,36	2,12
Обігові кошти, млн. грн.	2,08	2,0	1,02
ОВФ, млн. грн.	2,79	2,59	0,46
Капіталовкладення у ОВФ, млн. грн.	4,87	4,59	1,49
Приведені витрати, млн. грн.	5,30	5,10	2,36
Економ. ефект, млн. грн.	–	0,20	2,94

Згідно з розрахунками, проведеними вище, використання фундаментів на ґрунтоцементних

палях ефективніше за інші розглянуті у цьому дослідженні альтернативи, адже для них значення показника приведених витрат мінімальне – 2,4 тис. грн. і відповідно максимальний економічний ефект – 2,9 тис. грн. у порівнянні з найдорожчим варіантом будівництва – буронабивними палями з показником приведених витрат 5,3 тис. грн.

Кошторисна вартість виступає основою для визначення планової собівартості будівельно-монтажних робіт. Вона дає змогу будівельній організації заздалегідь оцінити очікувані витрати, а замовнику — визначити межі можливих переговорів із підрядником. Крім того, саме цей показник використовують державні контролюючі органи для аналізу прибутковості будівельних операцій. Аналіз показує, що застосування ґрунтоцементу при влаштуванні фундаментів є економічно доцільним, оскільки забезпечує найнижчу кошторисну вартість, тобто максимальний економічний ефект у порівнянні з більш дорогим варіантом — буронабивними палями. Важливо також відзначити значну економію на матеріалах — бетоні та арматурі, а також на енергоресурсах.

Головними позитивними технологічними особливостями ґрунтоцементних елементів є: висока водонепроникність; швидкість зведення; відсутність вібраційних навантажень; менша вартість матеріалу тіла палі, порівняно з бетоном, і, відповідно більш висока економічна ефективність.

Висновки

Фінансовий аналіз витрат на спорудження фундаменту об'єкта сільськогосподарського призначення із використанням армованих ґрунтоцементних паль у порівнянні з двома альтернативними варіантами (буроін'єкційними та бетонними буронабивними палями) показує, що саме цей тип паль є найбільш раціональним з економічної точки зору, оскільки характеризується найнижчим рівнем зведених витрат серед розглянутих рішень. Додаткову перевагу становить суттєве скорочення витрат на матеріали – бетон та арматуру.

Зважаючи на всі переваги ґрунтоцементних елементів, сферою їх ефективного використання є будівництво об'єктів сільськогосподарського призначення таких як споруди для розведення домашніх тварин, об'єкти для культивування рослинної продукції, будівлі та цеха для переробки продукції, допоміжні приміщення різного призначення. Головним обмеженням є розрахункове навантаження на палю: якщо напруга від нього перевищує міцність ґрунтоцементу, яка ситуаційно буває в 6 – 10 разів меншою за бетон, то варто розглянути або варіант паль з міцнішою структурною міцністю, або зменшення навантаження, що припадає на 1 ґрунтоцементний елемент.

Використання ґрунтоцементних фундаментів забезпечує низку логістичних переваг при будівництві сільськогосподарських об'єктів у віддалених від міста районах. Серед таких переваг мінімізація обсягів транспортування інертних матеріалів, оскільки для формування паль використовуються місцеві ґрунти, які змішуються з цементним в'язучим безпосередньо на будівельному майданчику. Це знижує залежність від зовнішніх поставок та зменшує логістичні витрати. Можливість виконання робіт із застосуванням мобільної бурозмішувальної техніки дає змогу швидко адаптуватися до польових умов та спростити організацію будівельного процесу. Розглянута у даному дослідженні бурозмішувальна технологія не потребує тривалого складування матеріалів на об'єкті чи облаштування складських майданчиків, що особливо актуально для територій із обмеженою інфраструктурою.

Література

1. Zotcenko M., Petrash S., Petrash P., Petrash O. Normative observations of deep-soil-mixing technology of soil-cement piles manufacturing // *Industrial Machine Building, Civil Engineering*. – 2017. – Т. 3, № 45. – С. 212–217. – Режим доступу: <https://journals.nupp.edu.ua/zn/article/view/195>
2. Do H. H., Pham T. A. Investigation of performance of soil-cement pile in support of foundation systems for high-rise buildings // *Civil Engineering Journal*. – 2020. – Vol. 6, No 9. – P. 686–700. – DOI: 10.28991/cej-2020-03091686
3. Su G., Liu H., Dai G., Chen X., Deng Y. Dynamic analysis of a concrete-cored deep cement mixing pile under horizontal dynamic loads // *Buildings*. – 2023. – Vol. 13, No 6. – Art. 1378. – DOI: 10.3390/buildings13061378
4. Zuo J., Wang B., Li W., Han S., Wang J., Zhang F. Quality assessment and quality control of deep soil mixing columns based on a cement-content controlled method // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13. – Art. 4813. – DOI: 10.1038/s41598-023-31931-Y
5. Zhang D., Wang A., Ding X. Seismic response of pile groups improved with deep cement mixing columns in liquefiable sand: shaking-table tests // *Canadian Geotechnical Journal*. – 2022. – Vol. 59, No 6. – P. 994–1006. – DOI: 10.1139/cgj-2020-0505
6. Zhuang X., Zong Z., Huang Y., Wang C., Lin X. Parametric study on the effect of soil-cement strength on the uplifting behavior of HSCM piles installed in marine soft clay // *Applied Sciences*. – 2023. – Vol. 13, No 1. – Art. 330. – DOI: 10.3390/app13010330
7. Chen P., Teng C., Wang H. Experimental and numerical investigations of mixing performance of deep cement mixing ship agitators // *Buildings*. – 2022. – Vol. 14, No 6. – Art. 1809. – DOI: 10.3390/buildings14061809
8. Wang Z., Xu W., Xu Q., Wang Y., Zhu Y. Research on temperature field of cement-mixing pile-reinforced soft-soil foundation // *Buildings*. – 2024. – Vol. 14, No 3. – Art. 845. – DOI: 10.3390/buildings14030845
9. Xue Z., Zhang W., Zhao X. Utilization of cement deep mixing pile for soft soil foundation: a Malaysian case study //

Frontiers in Materials. – 2024. – Vol. 11. – Art. 1484228. – DOI: 10.3389/fmats.2024.1484228
 10. Sedighi M. M., Zadb A., Yazdi M., Jalali M. J. Performance of T-shaped and conventional cement-soil deep mixing piles to stabilize soft base of high-speed trains // *International Journal of Geotechnical Engineering*. – 2022. – Vol. 16, No 10. – P. 1253–1267. – DOI: 10.1080/19386362.2022.2096324
 11. Zhang Z., Ye G., Cai Y., Zhang Z. Centrifugal and numerical modeling of stiffened deep mixed column-supported embankment with slab over soft clay // *Canadian Geotechnical Journal*. – 2019. – Vol. 56. – P. 1418–1432. – DOI: 10.1139/cgj-2018-0409

References

1. Zotcenko, M., Petrash, S., Petrash, P., & Petrash, O. (2017). Normative observations of deep-soil-mixing technology of soil-cement piles manufacturing. *Industrial Machine Building, Civil Engineering*, 3(45), 212–217. <https://journals.nupp.edu.ua/znpp/article/view/195>
 2. Do, H. H., & Pham, T. A. (2020). Investigation of performance of soil-cement pile in support of foundation systems for high-rise buildings. *Civil Engineering Journal*, 6(9), 686–700. <https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091686>
 3. Su, G., Liu, H., Dai, G., Chen, X., & Deng, Y. (2023). Dynamic analysis of a concrete-cored deep cement mixing pile under horizontal dynamic loads. *Buildings*, 13(6), Article 1378. <https://doi.org/10.3390/buildings13061378>
 4. Zuo, J., Wang, B., Li, W., Han, S., Wang, J., & Zhang, F. (2023). Quality assessment and quality control of deep soil mixing columns based on a cement-content controlled method. *Scientific Reports*, 13, Article 4813. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31931-Y>
 5. Zhang, D., Wang, A., & Ding, X. (2022). Seismic response of pile groups improved with deep cement mixing columns in liquefiable sand: shaking-table tests. *Canadian Geotechnical Journal*, 59(6), 994–1006. <https://doi.org/10.1139/cgj-2020-0505>
 6. Zhuang, X., Zong, Z., Huang, Y., Wang, C., & Lin, X. (2023). Parametric study on the effect of soil–cement strength on the uplifting behavior of HSCM piles installed in marine soft clay. *Applied Sciences*, 13(1), Article 330. <https://doi.org/10.3390/app13010330>
 7. Chen, P., Teng, C., & Wang, H. (2022). Experimental and numerical investigations of mixing performance of deep cement mixing ship agitators. *Buildings*, 14(6), Article 1809. <https://doi.org/10.3390/buildings14061809>
 8. Wang, Z., Xu, W., Xu, Q., Wang, Y., & Zhu, Y. (2024). Research on temperature field of cement-mixing pile-reinforced soft-soil foundation. *Buildings*, 14(3), Article 845. <https://doi.org/10.3390/buildings14030845>
 9. Xue, Z., Zhang, W., & Zhao, X. (2024). Utilization of cement deep mixing pile for soft soil foundation: a Malaysian case

study. *Frontiers in Materials*, 11, Article 1484228. <https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1484228>
 10. Sedighi, M. M., Zadb, A., Yazdi, M., & Jalali, M. J. (2022). Performance of T-shaped and conventional cement-soil deep mixing piles to stabilize soft base of high-speed trains. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 16(10), 1253–1267. <https://doi.org/10.1080/19386362.2022.2096324>
 11. Zhang, Z., Ye, G., Cai, Y., & Zhang, Z. (2019). Centrifugal and numerical modeling of stiffened deep mixed column-supported embankment with slab over soft clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 56, 1418–1432. <https://doi.org/10.1139/cgj-2018-0409>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Горик, Полтавський державний аграрний університет, Україна

Автор: ПЕТРАШ Руслан Васильович
 кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Полтавський державний аграрний університет
 E-mail – ruslan.petrash@pdau.edu.ua
 ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5812-4044>

Автор: ПЕТРАШ Олександр Васильович
 кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Полтавський державний аграрний університет
 E-mail – oleksandr.petrash@pdau.edu.ua
 ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8151-6460>

Автор: ШУЛЬГІН Володимир Васильович
 кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри Полтавський державний аграрний університет
 E-mail – volodymyr.shulhin@pdau.edu.ua
 ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2573-8402>

Автор: БОНДАР Людмила Вікторівна
 кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Полтавський державний аграрний університет
 E-mail – liudmyla.bondar@pdau.edu.ua
 ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1595-7740>

Автор: ЯХІН Сергій Валерійович
 кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Полтавський державний аграрний університет
 E-mail – sergii.iakhin@pdau.edu.ua
 ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0042-0844>

SOIL-CEMENT UTILIZATION EFFICIENCY IN AGRICULTURAL STRUCTURES CONSTRUCTION

R. Petrash, O. Petrash, V. Shulgin, L. Bondar, S. Yakhin

Poltava State Agrarian University

This study presents an analytical comparison of alternative foundation solutions for a frame-type agricultural building, with a specific focus on the efficiency of deep soil mixing technology employing soil–cement piles. The research evaluates three foundation types: reinforced bored concrete piles, bored injection piles, and soil–cement

piles produced using in-situ mixing technology. A comprehensive techno-economic comparison was conducted based on the reduced cost coefficient method to determine the most cost-effective solution.

The findings demonstrate that soil–cement piles provide the most economical option among the three examined alternatives. This type of pile foundation showed the lowest value of reduced costs, making it the most financially viable solution for the construction of agricultural structures. Additionally, significant savings in material consumption – particularly concrete and reinforcement steel – were identified, contributing further to the cost-effectiveness of the proposed solution.

The practical benefits of using soil–cement foundations extend beyond direct cost savings. These elements are especially suitable for agricultural applications, including buildings for livestock farming, greenhouses, grain depots, food processing facilities, and auxiliary structures.

One of the major logistical advantages of deep soil mixing technology is its adaptability to remote rural areas, where infrastructure is limited. The use of local soils mixed with cementitious binders directly on-site minimizes the transportation of bulk materials, reducing both environmental impact and logistical expenses. Mobile soil-mixing equipment enables flexible and rapid deployment, enhancing project execution efficiency in field conditions. Furthermore, the technology eliminates the need for extensive material storage or large construction staging areas, making it particularly advantageous for projects located far from urban centers.

The research confirms the technical and economic viability of soil–cement piles constructed via deep soil mixing technology as a rational and sustainable foundation solution for agricultural buildings, particularly in remote or infrastructure-limited settings. The outcomes of this study may serve as a foundation for further research on optimizing the structural performance and cost-efficiency of soil–cement systems in agricultural settings. Moreover, the findings could assist engineers and project planners in selecting sustainable and locally adaptable solutions for rural construction challenges.

Keywords: foundation, pile, soil-cement, efficiency, deep soil mixing technology