

А.В. Убийвовк, к.т.н., доц., ХНУБА, м. Харків;

І.В. Шумаков, д.т.н., проф., ХНУБА, м. Харків;

О.А. Гринчук, асп., ХНУБА, м. Харків;

А.Ю. Купрейчик, асп., ХНУБА, м. Харків

СПОСОБИ ТА ОБЛАДНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПАЛЬ У ПОЛІМЕРНІЙ ОБОЛОНЦІ В ПРОСІДАЮЧИХ ГРУНТАХ

Анотація. З метою розроблення способів та конструкції обладнання для експериментальних досліджень взаємодії конусних та циліндричній палі у полімерній оболонці з ґрунтовим середовищем при відтворенні процесу просідання ґрунту застосовані спрощені методи експериментальних досліджень із застосуванням модельних паль невеликих розмірів та спеціального обладнання. Запропоновані варіанти лабораторного обладнання для дослідження взаємодії модельних паль конічної та циліндричної форми із ґрунтовим середовищем за умов виникнення деформацій просідання ґрунту для оцінки ефекту зниження сил негативного тертя ґрунту на бічній поверхні. **Ключові слова:** конічна паля; циліндрична паля; полімерна оболонка; просідаючий ґрунт; довантажувальні сили тертя; бічна поверхня; деформації просідання; вертикальні переміщення.

Постановка проблеми. Розвиток мегаполісів створює безперервний попит на земельні ресурси, тим самим залучаючи до використання для нового будівництва ділянки з несприятливими інженерно-геологічними умовами. Активна діяльність людини змінює ландшафти територій прискореними темпами, створюючи вплив на екологічні, біологічні, геоморфологічні та економічно-соціальні показники. Зведення підземних частин будівель та споруд потребує урахування комплексу особливостей техногенних ґрунтів та вимагає належного інженерного захисту підземних конструкцій.

В складних інженерно-геологічних умовах щільної міської забудови, як правило, найбільш доцільним та економічно вигідним варіантом є використання палювих фундаментів. У випадку наявності в геологічній будові основи структурно нестійких, просідаючих, незлежалих насипних ґрунтів при проектуванні палювих фундаментів актуальною інженерною задачею є зменшення довантажувальних сил тертя ґрунту на бічній поверхні палі, для чого, зазвичай, використовуються антифрикційні покриття стовбура занурюваних паль в межах прорізуваних нестійких ґрунтів. При використанні буронабивних паль така можливість виникає лише за умов використання незйомних обсадних труб, що веде до зростання вартості. Таким чином, розроблення економічно привабливих та технічно обґрунтованих конструктивних рішень для буронабивних паль є актуальною науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Більш ніж на 70% території України розповсюджені просідаючі ґрунти, потужність товщі яких сягає десятків метрів 4. Завдяки цьому сучасний досвід практичного застосування палювих фундаментів отримав широке розповсюдження при проектуванні будівель та споруд у складних інженерно-геологічних умовах і потребує обґрунтованого вибору матеріалу, типу конструкції, глибини закладання 1.

Різноманіття геотехнічних умов та практичних інженерних задач викликає потребу розробки ефективних рішень конструкцій палювих фундаментів та їх постійного удосконалення, розробки нових конструк-

тивних рішень та технологій улаштування паль. Так, з метою зменшення впливу негативних сил тертя запропонована конструкція бурової конусоподібної палі, стовбур якої формується за допомогою розбуреної свердловини конусоподібним шнеком 7; застосування перфорованого сердечника у вигляді усіченого конусу для формування трубчастих бетонних паль 10, використання захисних оболонок із пластиків 5.

Використання полімерних матеріалів у будівельній галузі набуває все більшого розповсюдження і має ряд переваг завдяки своїм особливим властивостям, а саме легкість, щільність, міцність, водостійкість, хімічна стійкість, низька газопроникність та ін. 6.

У випадках зведення палювих фундаментів у просідаючих ґрунтах характерне виникнення довантажувальних сил негативного тертя на боковій поверхні, що зменшує несучу здатність. Зменшення цього негативного ефекту можливо через збільшення опорної площі нижнього кінця палі або улаштування змінного по довжині профілю палі 7, що враховується діючими нормативами 1 3.

Для зменшення трудомісткості та тривалості робіт при проведенні випробувань застосовують спрощені методи експериментальних досліджень із застосуванням модельних паль невеликих розмірів та спеціального обладнання 7, 8.

Мета дослідження розроблення способів та конструкції обладнання для експериментальних досліджень взаємодії конусних та циліндричній палі у полімерній оболонці з ґрунтовим середовищем при відтворенні процесу просідання ґрунту.

Виклад основного матеріалу (матеріали і методи дослідження). Дослідження ефекту зменшення довантажувальних сил тертя при використанні конічної палі з полімерною оболонкою в порівнянні з циліндричною виконувалось у лабораторних умовах завдяки реалізації двох варіантів моделювання деформацій просідання ґрунту:

1) У першому варіанті в якості посадочного ґрунту пропонується використання рихлого піску. При цьому деформації просідання моделюються за рахунок контрольованого за переміщеннями обтиснення

частини ґрунтового середовища в межах ділянки стовбура палі. Обтиснення шару рихлого піску за допомогою пластин-фланців, розміщених під і над модельною посадочною товщею, викликає додаткові вертикальні напруження лише в цьому шарі, виключаючи додаткові зусилля в порівнянні з варіантом завантаження поверхні масиву.

2) У другому варіанті в якості посадочного ґрунту пропонується використання піску із додаванням рівномірно розподілених по об'єму низькомодульних часток у вигляді пінополістирольних кульок. Деформації просідання проявляються внаслідок додаткового вертикального тиску на поверхні ґрунтового середовища.

Кожний з варіантів моделювання просідання ґрунту передбачає вимірювання вертикальних переміщень модельних паль конічної ($L = 600$ мм, $d_v = 70$ мм, $d_n = 40$ мм) та циліндричної ($L = 600$ мм, $d = 40$

мм) форми, що відповідає масштабу М 1:10 9 (рис. 1).

Експериментальна установка для лабораторних досліджень за першим варіантом моделювання представлена на рис. 2. і складається з металевого лотку (1) розміром 800x800x900 мм, у верхній частині якого розміщена опорна рейка з шарніром (6) та важеля (9) довжиною 1600 мм для завантаження палі (5). Для моделювання ґрунтового середовища (2) використовується пісок середньої крупності ($w \approx 0,05$ д.од, $\gamma \approx 16,5$ кН/м³, $\phi \approx 28^\circ$), нижній шар якого укладається з трамбуванням в межах товщі 250 мм. Засипка товщі між фланцями виконується без трамбування. Модельні палі з полімерною оболонкою (5) конічної або циліндричної форми встановлюються у центральному отворі між двома металевими пластинами-фланцями (3), які поєднувались між собою шпильками (4), що зафіксо-

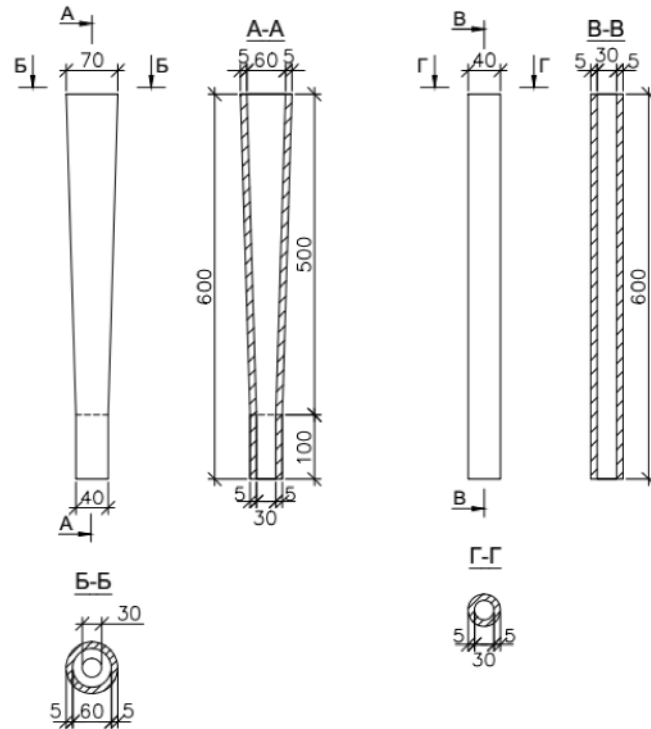


Рис. 1. Конструкції модельних паль конічної та циліндричної форми із полімерної оболонкою для лабораторних випробувань

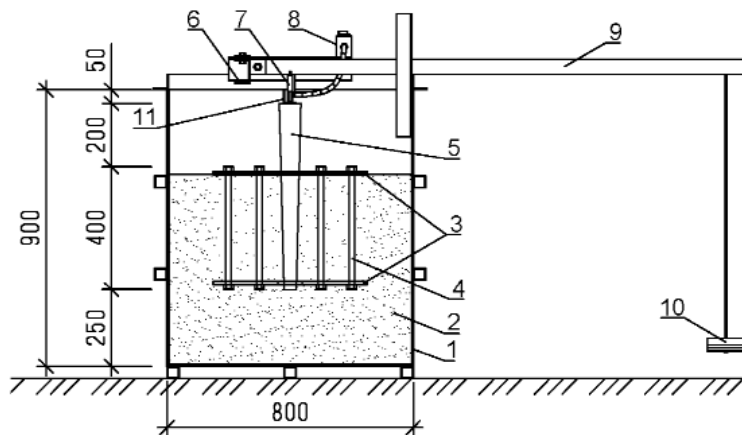


Рис. 2. Схема лабораторної установки: 1 – лабораторний лоток; 2 – ґрунтове середовище; 3 – металеві пластини-фланці; 4 – шпильки; 5 – модельна палія з полімерною оболонкою; 6 – опорна рейка важеля з шарніром; 7 – пристрій для центрування навантаження на палію; 8 – індикатори вимірювання деформацій; 9 – важіль для завантаження палі; 10 – підвіс з вантажем

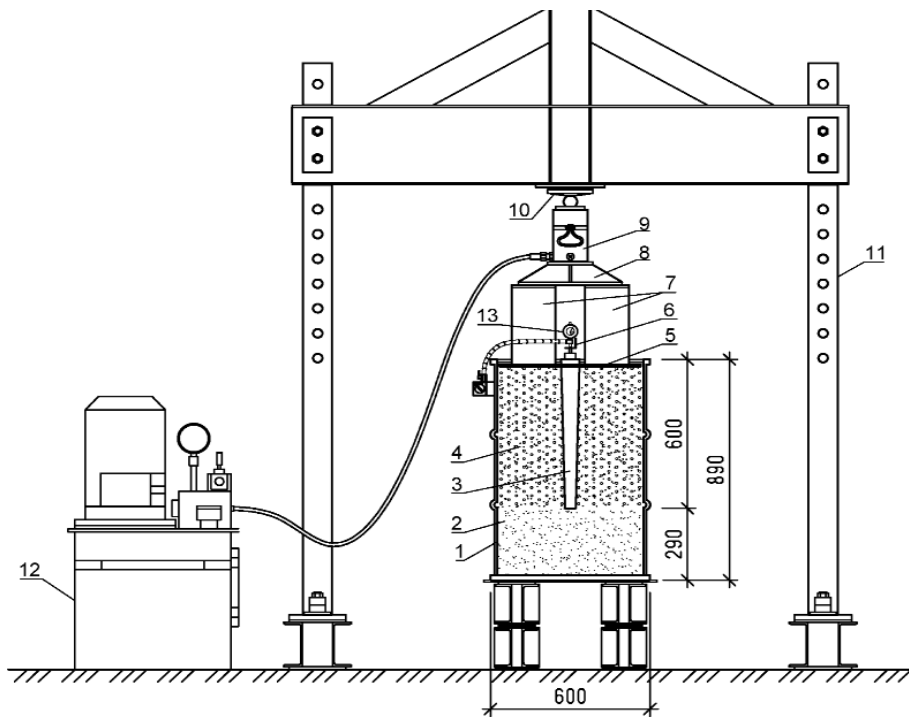


Рис. 3. Схема лабораторної установки: 1 – металева бочка; 2 – ущільнений пісок; 3 – модельна палія з полімерною оболонкою; 4 – змодельоване ґрунтове середовище; 5 – металева пластина з отвором; 6 – металева балка, що закріплена до палі; 7 – підставки; 8 – жорсткий штамп; 9 – гідравлічний домкрат; 10 – шарнір; 11 – траверса; 12 – ручна масляна станція з манометром; 13 – індикатор переміщень

вані болтами з верхнього і нижнього краю відповідно. Навантаження на палю прикладалися ступенями завдяки додаванню вантажів, на підвісі (10), а деформації фіксуються за допомогою двох індикаторів часового типу ГЧ-10 на магнітній стійці (8), що розташовані на пристрої для центрування навантаження на палю (7). Подальші вимірювання здійснюються після поетапного обтиснення фланців болтами зі сторони верхньої пластини-фланця (3) з контролем кута оберту болтів на кожній послідовній стадії збільшення відносної деформації просідання.

У другому варіанті лабораторних досліджень застосовується спеціально обладнана експериментальна установка (лоток), що представлена на рис. 3 і виконана з металевої бочки (1) висотою 890 мм та діаметром 600 мм. Нижня частина лотку в межах товщі 290 мм заповнюється із шаровим ущільненням піском середньої крупності ($w \approx 0,05$ д.од., $\gamma \approx 16,5$ кН/м³, $\phi \approx 28^\circ$). Товща ґрунтової засипки в межах висоти стовбура палі заповнюється сумішшю піску із гранульованим пінополістиролом (об'ємна

доля заповнювача 15%). У верхній частині установки до поверхні модельного ґрунту (4) через металеву пластину (5) з центральним отвором для палі за допомогою підставок (7) та жорсткого штамп (8) ступенями прикладається навантаження від гідравлічного домкрату (9), приєднаного до ручної масляної станції (12). На металевій балці (6), що встановлюється безпосередньо на вільний верхній кінець палі, розміщуються з обох протилежних боків два індикатори часового типу ГЧ-10 (13) на магнітній стійці для реєстрації переміщень.

Висновки. Запропоновані схеми лабораторних досліджень завдяки різним підходам до моделювання процесу просідання ґрунтів забезпечують можливість дослідження ефективності конструкцій палей, виготовлених із застосуванням полімерних оболонок. При цьому вимірювання переміщень дає можливість якісної оцінки ефекту зменшення довантажувальних сил тертя при порівняльному аналізі взаємодії з ґрунтовим середовищем циліндричних та конічних палей з незійомною полімерною обсадкою.

Література

1. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
2. ДСТУ Б В.2.1-1-95. ґрунти. Методи польових випробувань паліями. Київ : Укрархбудінформ, 1997. 58 с.
3. ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 11 с.
4. Климчук Л.М. Сучасні інженерно-геологічні умови України як складова безпеки життєдіяльності / Л. М. Климчук, П. В. Блінов, В. Ф. Величко та ін. Київ : ВПЦ "Експрес", 2008. 265 с.
5. Пермяков М.Б., Веселов А.В., Пермякова А.М. Полімерно-бетонна висячая ребристая свая-оболочка и способ ее возведения. Технологии бетонов. М. : Композит XXI век, 2014. № 6. С. 30-32.
6. Пермяков М.Б., Пермякова А.М. Применение полипропилена при возведении свай-оболочек. Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Магнитогорск : ФГБОУ ВО МГТУ, 2015. Т.2. С. 43-46.
7. Самородов О.В., Убийвовк А.В., Курейчик А.Ю., Найдьонова В.Є. Нова конструкція бурової конусоподібної палі для влаштування в структурно-нестійких ґрунтах. Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур :

тези за матеріалами VIII Всеукр. наук. сем. Харків : ХНУБА, 9-10 жовтня 2018 р. С. 61-63.

8. Самородов А.В., Табачников С.В. Способ определения сил сопротивления песчаного грунта по боковой поверхности модельной сваи в состоянии покоя. Научный вестник строительства : сб. науч. пр. Харків : ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. № 1. С. 91-95.
9. Седов Л.Н. Методы подobia и размерности в механике. М. : Наука, 1981. 448 с.
10. Шумаков І.В., Казімагомедов І.Е., Юніс Башір Н., Ляхов І.І. Пристрій для формування трубчастих бетонних паль. Патент України на корисну модель № 117459, МПК (2006.01), E02D 5/38, E02D 7/00. Харківський національний університет будівництва та архітектури. № у 2017 00607; заявл. 23.01.2017; опубл. 26.06.2017. Бюл. № 12.

Reference

1. DBN V.2.1-10-2018. Osnovy i fundamenty budivel ta sporud. Osnovni polozhennya proektuvannya. Ky`yiv : Minregionbud Ukrainy, 2018. 36 s.
2. DSTU B V.2.1-1-95. Grunty. Metody pol`ovu`x vy`probuvan` palyamy. Ky`yiv : Ukrarxbudinformat, 1997. 58 s.
3. DSTU B V.2.1-27:2010. Pali. Vy`znachennya nesuchoyi zdatnosti za rezul`tatamy` pol`ovu`x vy`probuvan`. Ky`yiv : Minregionbud Ukrainy, 2011. 11 s.
4. Kly`mchuk L.M. Suchasni inzhenerno-geologichni umovy` Ukrainy` yak skladova bezpeky` zhy`ttyediyal`nosti / L. M. Kly`mchuk, P. V. Blinov, V. F. Vely`chko ta in. Ky`yiv : VPCz "Ekspres", 2008. 265 c.
5. Permyakov M.B., Veselov A.V., Permyakova A.M. Poly`tverno-betonnaya vy`syachaya rebry`staya svaya-obolochka y` sposob ee vozvedeny`ya. Technology`y` betonov. M. : Kompozy`t XXI vek, 2014. # 6. S. 30-32.
6. Permyakov M.B., Permyakova A.M. Pry`meneny`e poly`propy`lena pry`vozvedeny`y` svaj-obolochek. Aktual`nye problemy` sovremennoj nauky`, texny`ky` y` obrazovany`ya. Magny`togorsk : FGBOU VO MGTU, 2015. T.2. S. 43-46.
7. Samorodov O.V., Uby`jvovk A.V., Kuprejchy`k A.Yu., Najd`onova V.Ye. Nova konstrukciya burovoyi konusopodibnoyi pali dlya vlashtuvannya v strukturno-nestijky`x g`runtax. Metody pidvy`shhennya resursu mis`ky`x inzhenerny`x infrastruktur : tezy` za materialamy` VIII Vseukr. nauk. sem. Harviv : XNUBA, 9-10 zhovtnya 2018 r. S. 61-63.
8. Samorodov A.V., Tabachny`kov S.V. Spособ opredeleny`ya syl`i soprotiv`vleny`ya peschanogo grunta po bokovoj poverxnosti` model`noj svay` v sostoyany`y` pokoja. Naukovy`j visny`k budivny`ctva : zb. nauk. pr. Harviv : XNUBA, ХОТВ АБУ, 2015. # 1. S. 91-95.
9. Sedov L.N. Metody podoby`ya y` razmernosty` v mexany`ke. M. : Nauka, 1981. 448 s.
10. Shumakov I.V., Kazimagomedov I.E., Yumis Bashir N., Lyaxov I.I. Pry`strij dlya formuvannya trubchasty`x betonny`x pal`. Patent Ukrainy` na korysnu model` # 117459, МПК (2006.01), E02D 5/38, E02D 7/00. Xarkivs`ky`j nacional`ny`j univ`ersy`tet budivny`ctva ta arxitektury`. # u 2017 00607; zayavl. 23.01.2017; opubl. 26.06.2017. Byul. # 12.

А.В. Убийвовк, к.т.н., доц., ХНУСА, г. Харьков;
И.В. Шумаков, д.т.н., проф., ХНУСА, г. Харьков;
О.А. Гринчук, асп., ХНУСА, г. Харьков;
А.Ю. Купрейчик, асп., ХНУСА, г. Харьков

СПОСОБЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ В ПОЛИМЕРНОЙ ОБОЛОЧКЕ В ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

Аннотация. С целью разработки способов и конструкции оборудования для экспериментальных исследований взаимодействия конусных и цилиндрической свай в полимерной оболочке с грунтовой средой при воспроизведении процесса проседания почвы применены упрощенные методы экспериментальных исследований с применением модельных свай небольших размеров и специального оборудования. Предложенные варианты лабораторного оборудования для исследования взаимодействия модельных свай конической и цилиндрической формы с грунтовой средой в условиях возникновения деформаций проседания почвы для оценки эффекта снижения сил отрицательного трения грунта на боковой поверхности.

Ключевые слова: коническая свая; цилиндрическая свая; полимерная оболочка; просадочные грунты; догрузочные силы трения; боковая поверхность; просадочности; вертикальные перемещения.

A.V. Ubiyovk, c.t.s., prof, KNUCEA, Kharkov;
I.V. Shumakov, d.t.s., prof, KNUCEA, Kharkov;
O.A. Grinchuk, asp, KNUCEA, Kharkov;
A. Yu. Kupreichik, asp, KNUCEA, Kharkov

METHODS AND EQUIPMENT OF EXPERIMENTAL LABORATORY TESTS OF PIGS IN A POLYMER SHELL IN SELLING SOILS

Annotation. In order to develop methods and design of equipment for experimental studies of the interaction of conical and cylindrical piles in the polymer shell with the soil environment in the reproduction of the subsidence process, simplified experimental methods using small model piles and special equipment are used. Variants of laboratory equipment for studying the interaction of model piles of conical and cylindrical shape with the soil environment under the conditions of soil subsidence deformations are proposed to evaluate the effect of reducing the forces of negative soil friction on the lateral surface.

Key words: conical pile; cylindrical pile; polymer shell; subsidence soil; loading friction forces; lateral surface; subsidence deformations; vertical displacements.