

УДК 539.3

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ НАПРУЖЕНЬ В ҐРУНТОВІЙ ОСНОВІ ПАЛЬ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СПОСОБУ ЇХ РОЗМІЩЕННЯ В ПЛАНІ

О.В. Малишев,

канд. техн. наук, доцент

Т.В. Диптан*Київський національний університет будівництва і архітектури*

DOI: 10.32347/2410-2547.2026.116.291-298

У роботі наведено результати аналітичного дослідження просторового розподілу напружень у ґрунтовій основі в зоні, розташованій під нижнім кінцем одиночної палі, а також пальового куша з двох забивних висячих палей квадратного поперечного перерізу при їх різному розташуванні в плані. Виконано порівняльний аналіз геометричних характеристик умовних фундаментів, визначених за різними методиками, зокрема — на основі класичних теоретичних та сучасних аналітичних підходів.

Ключові слова: основа, забивна паля, куш палей, поперечний переріз, напруження, несуча здатність, умовний фундамент.

Вступ. Темпи вдосконалення існуючих методів розрахунку нових конструкцій та їх елементів відповідно до чинних нормативних документів у сфері будівництва суттєво відстають від розвитку виробничих технологій і матеріально-технічної бази галузі. Такий дисбаланс обмежує впровадження інноваційних інженерних рішень, стримує розвиток передових технологій і ускладнює оптимізацію умов їх практичного застосування та технічного обґрунтування. Зокрема, методика визначення несучої здатності палей та пальових фундаментів і прогнозування деформацій основи відповідно до положень ДБН В.2.1-10-2009 (Зміна 1) [1] не забезпечує достатнього рівня точності та надійності розрахунків. Це пов'язано з рядом суттєвих обмежень: використанням усереднених табличних значень опору ґрунту під нижнім торцем та вздовж бічної поверхні палі без урахування фактичного стану ґрунтового масиву, його геологічного походження, процесів ущільнення при заглибленні палі та її подальшій роботі в основі; застосуванням деформаційних характеристик ґрунту, отриманих переважно з польових випробувань, які мають високу вартість; а також нехтуванням реальним розподілом напружень у ґрунтовому середовищі [2]. Враховуючи зазначене, актуальним є розроблення нової, надійної, доступної та водночас ефективної методики розрахунку палей і пальових фундаментів за другою групою граничних станів або суттєва модернізація існуючих підходів з урахуванням наявних недоліків. Додатково варто зазначити, що при проектуванні пальових фундаментів не враховується реальний характер розподілу напружень в основі палі, який залежить не тільки від виду, стану, характеристик ґрунтової основи, а і найголовніше від форми поперечного перерізу палі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Розроблення нової або суттєве вдосконалення існуючої методики розрахунку деформацій основи пальових фундаментів вимагає застосування надійних аналітичних підходів до визначення напружено-деформованого стану ґрунтового масиву. У цьому контексті варто зазначити, що результати наукових досліджень, виконаних провідними вченими галузі, зокрема І.А. Карпюк [6], Г.К. Клейном, Л.Д. Козачком, С.Й. Цимбалом [8] та іншими, підтверджують можливість використання існуючих теоретичних моделей для аналізу просторового напруженого стану основи висячих палей та пальових фундаментів. Співставлення теоретичних розрахунків із експериментальними результатами демонструє високу ступінь їх відповідності, що свідчить про потенціал таких моделей як базових у подальшому розвитку методики інженерного розрахунку.

Згідно з нормативною базою - ДБН В.2.1-10-2009 (Зміна 1) [1] - оцінка деформацій ґрунтової основи палей та пальових фундаментів здійснюється шляхом моделювання умовного суцільного фундаменту. Цей умовний фундамент у горизонтальному напрямку обмежується паралельними до осі палі площинами, які визначаються на основі усередненої розрахункової величини кута внутрішнього тертя ґрунту в межах заглиблення палі. Нижньою межею приймається

горизонтальна площина, що проходить через нижній кінець палі. Таким чином, у плані умовний фундамент набуває прямокутної або квадратної форми.

Однак результати сучасних теоретичних досліджень [2] свідчать про значне відхилення фактичної форми умовного фундаменту в плані від нормативно прийнятої, що зумовлює необхідність її детального аналізу та уточнення. Особливої уваги потребують палі з поперечними перерізами різної геометрії та конфігурації, які виготовляються заздалегідь. Серед них найпоширенішими залишаються палі квадратного перерізу, що обумовлює доцільність зосередження подальших досліджень саме на цій формі з метою підвищення точності розрахункових методик і відповідності реальним умовам роботи фундаментів.

Мета роботи передбачається використання результатів математичного моделювання характеру розподілу напружень в основі палі для дослідження форми, розмірів і характеру зміни напруженого стану в основі одиночної висячої палі та куца із двох паль квадратного поперечного перерізу з глибиною при різному куті їх повороту в плані.

Основне дослідження. Для аналізу просторового розподілу вертикальних напружень у ґрунтовій основі під пальовим фундаментом, що складається із забивних висячих паль квадратного поперечного перерізу, було використано геологічні умови будівельного майданчика Київської області [2], які наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Інженерно-геологічні умови дослідного майданчика

№ ПЕ	Характеристика інженерно-геологічного елемента	Природна щільність ґрунту, ρ , т/м ³	Природна вологість, W	Коефіцієнт пористості, e	Питоме зчеплення, c_n , кПа	Кут внутрішнього тертя, φ_n	Модуль деформації E , МПа
1а	Пісок мілкий, світло-сірий, середньої щільності, малого ступеню водонасичення	1,69	0,064	0,67	1	34	25
1б	Пісок мілкий, середньої щільності, середнього ступеню водонасичення	1,9	0.64/0.21	0,68	2	33	26
1в	Пісок мілкий, світло-сірий, щільний, насичений водою	2,03	0,212	0,58	3	36	37

У якості теоретичної бази дослідження застосовано підходи, викладені в роботі [3], які характеризують математичну модель, що описує розподіл напружень у ґрунтовому середовищі від дії навантаження, яке передається як через бічну поверхню, так і через нижній торець палі, на довільну точку основи на будь-якій глибині. Математичну модель у спрощеному вигляді можливо описати за допомогою виразів (1), (2) та відобразити на рис. 1.

Дана математична модель розроблена для визначення величин напружень в основі паль круглого поперечного перерізу, результати використання якої вказують на її ефективність при визначенні деформацій в основі паль у порівнянні із літературними та нормативними методами [5]

$$\sigma_{z_0} = \frac{5P_0}{\pi(r_0 + k_2 z_1)^2} \left[1 - \frac{x^2}{(r_0 + k_2 z_1)^2} \right]^4, \quad 0 \leq x \leq r_0 + k_2 z_1, \quad (1)$$

$$\sigma_{z_0} = \frac{P_0}{\pi(r_0 + k_1(h + z_0))^2} \left[1 - \frac{x}{r_0 + k_1(h + z_0)} \right]^2, \quad 0 \leq x \leq r_0 + k_1(h + z_0), \quad (z + z_0) > h, \quad (2)$$

де P_0 – навантаження що передається вістрям палі на горизонтальну площину на глибині z_1 , r_0 – приведений радіус вістря палі, k_2 – тангенс кута розподілу напружень в основі від навантаження, що передається вістрям палі, x – відстань по горизонталі від осі палі до точки, що розглядається; P_0 – навантаження, що передається на основу тертя по бічній поверхні палі; r_0 – приведений радіус бічної поверхні палі, k_1 – тангенс кута розподілу напружень в основі від навантаження, що передається силами тертя по бічній поверхні палі; h – довжина палі в ґрунті, z_0 – відстань по вертикалі від вістря палі до точки, що розглядається; z – відстань по вертикалі від поверхні ґрунту до точки, що розглядається.

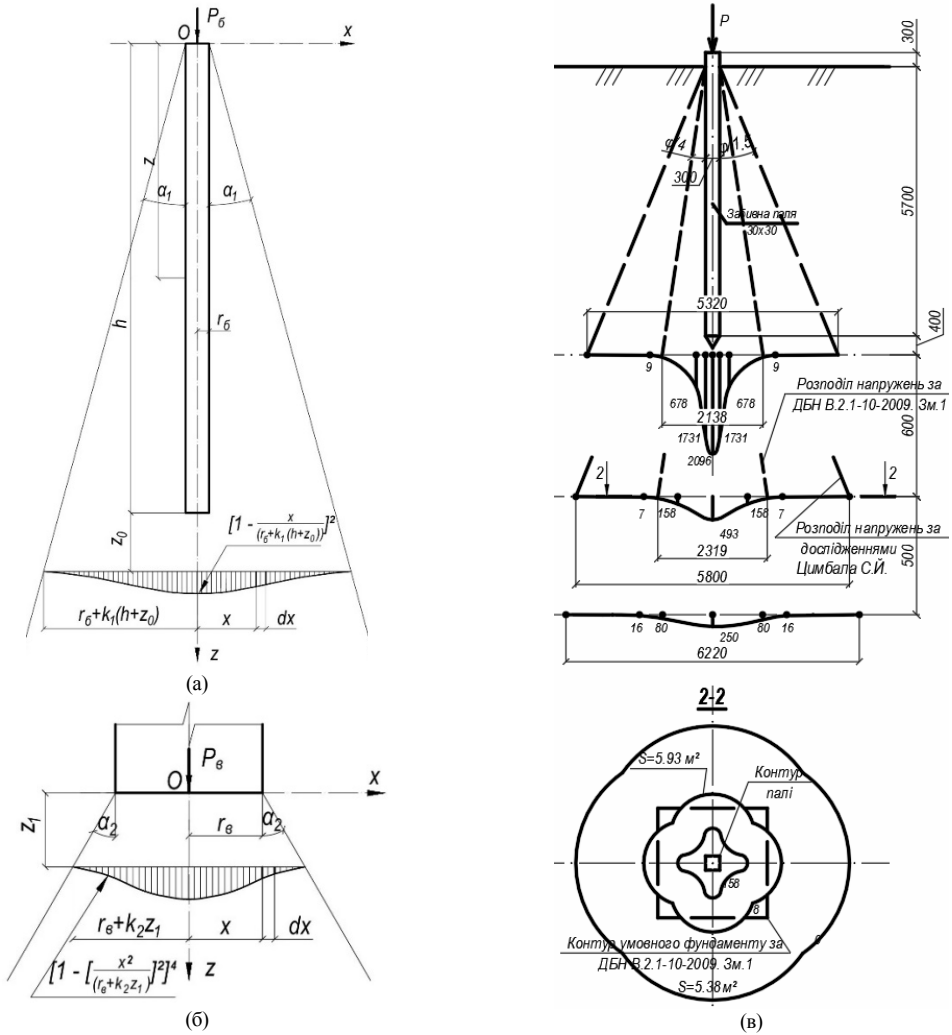


Рис. 1 Схема розподілу вертикальних напружень в ґрунтовій основі нижче вістря палі: (а) при передачі навантаження через вістря палі; (б) при передачі навантаження силами тертя по бічній поверхні палі; (в) характер розподілу напружень в основі квадратної палі в реальних ґрунтових умовах

Як показано в роботі [4] розподіл вертикальних напружень в основі квадратних палей, досліджений експериментально в польових умовах, має свої особливості. Так ущільнення ґрунту на рівні вістря палі, що відповідає характеру розподілу напружень, розподіляється не по концентричним колам, як для круглої палі, а за квадратним обрисом зі округленими кутами (рис. 2).

Для врахування характеру розподілу напружень в основі квадратної палі використано аналітичну методику, алгоритм використання якої приведено в роботі [4], який дозволяє побудувати характер розподілу напруження в основі квадратної палі при передачі навантаження

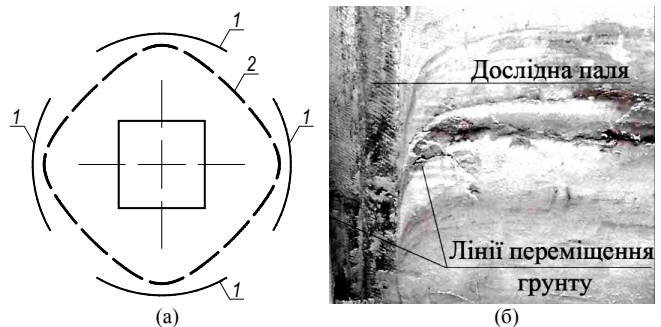


Рис.2. Зони ущільнення (1) та переміщення (2) ґрунту навколо квадратної палі в плані (а), визначені на основі результатів польових досліджень (б)

вістрям та бічною поверхнею з задовільною збіжністю між теоретичними і експериментальними даними, а також краще відобразити реальний характер взаємодії палі з основою.

Аналіз характеру розподілу напружень в основі круглих палей [2] показує, що найбільш важливим є їх побудова для паливових кущів. Для підтвердження останнього для початкового порівняння обрано паливовий кущ із двох палей квадратного поперечного перерізу 30x30 см з двома видами їх розміщення в плані. Різниця полягала в повороті палей навколо своєї осі на 45 градусів.

Для проведення дослідження за методикою [3] визначено величину навантаження величиною в 750 кН, прикладання якого до голови палі викликає осідання величиною 20 мм. Аналогічне навантаження прикладалося до кожної палі в паливовому кущі, який складався з двох палей. Схема розміщення палей в плані наведена на рис. 3.

Результати побудови напружень в основі квадратних палей по зазначеним на рис. 3 перерізам показано на рис. 4.

Отримані результати свідчать про складний характер розподілу вертикальних напружень у ґрунтовому середовищі нижче рівня вістря палі. Виявлено, що форма зон напруженого стану у напрямку, перпендикулярному до осі палі, є нерівномірною та асиметричною, що загалом відповідає даним, отриманим у ході експериментальних досліджень.

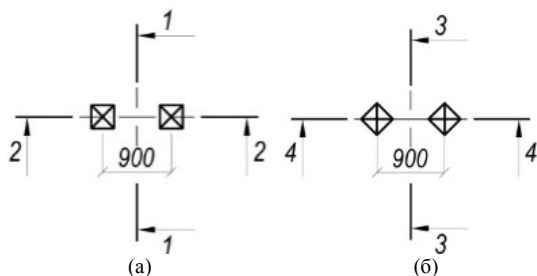


Рис. 3. Схема розміщення палей в плані: (а) стандартне (базове положення); (б) при повороті палей в плані на 45°

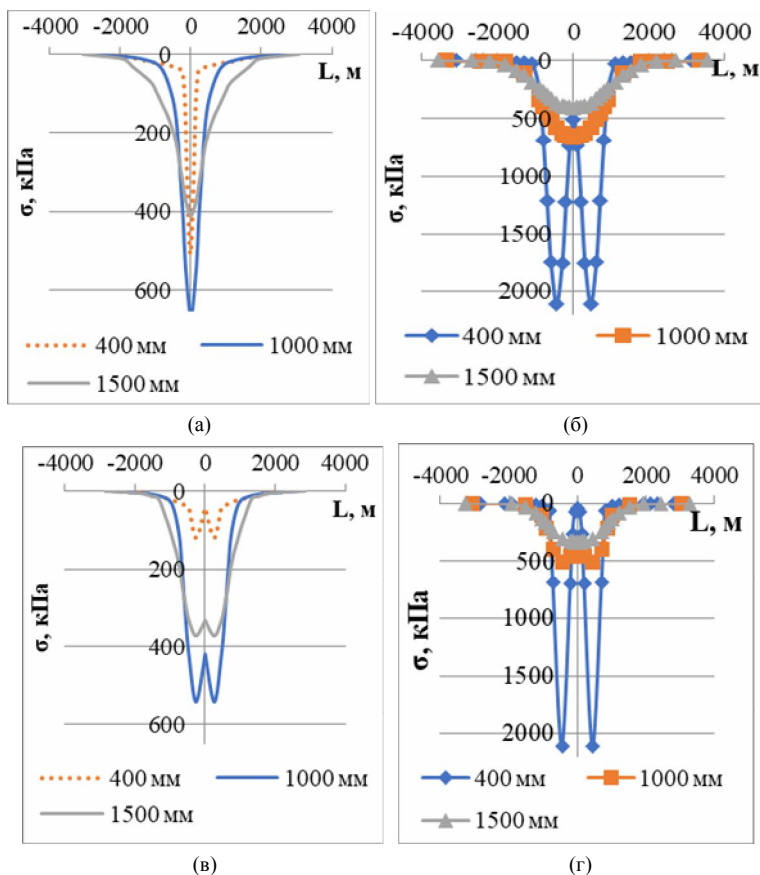


Рис. 4. Характер розподілу напружень (кПа) на глибині 400, 1000 та 1500 мм від нижнього кінця квадратних палей по перерізам: 1-1 (а), 2-2 (б), 3-3 (в) та 4-4 (г)

Усі перерізи характеризуються збільшенням величин напружень та їх максимальними значеннями в межах глибини 1 м нижче вістря палі. Зі збільшенням глибини зменшення значень напружень відбувається до їх природніх величин.

Для зручності порівняння характеру і величини напружень для різного розташування паль в плані накладено напруження по перерізам 1-1 та 3-3, 2-2 та 4-4 (рис. 5).

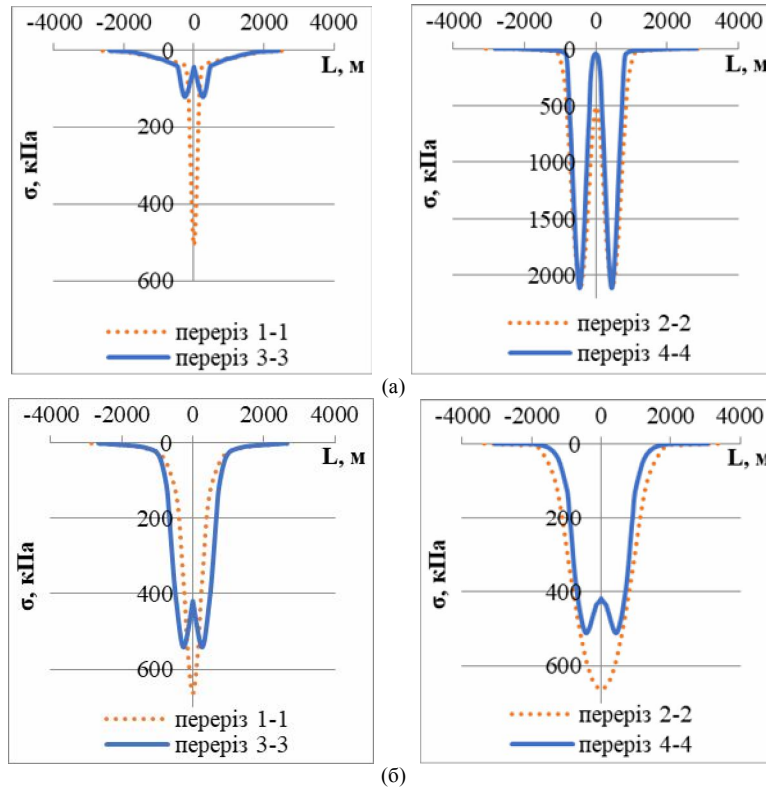


Рис. 5. Характер розподілу напружень (кПа) на глибині 400 (а) та 1000 мм (б) від нижнього кінця квадратних паль по перерізам: 1-1, 2-2, 3-3, 4-4

На глибині 400 мм характер розподілу напружень по перерізам 1-1 та 3-3 має різну форму – параболічну та сідловидну відповідно. При цьому спостерігається зменшення пікового значення на 76% при повороті паль на 45° та відповідній сідловидній епюрі розподілу напружень по центру між палями. Характер розподілу напружень по перерізам 2-2 та 4-4 є подібним з однаковими максимальними піковими значеннями та майже нульовими значеннями для перерізу 4-4 по центру ваги пального куща.

Глибина 1000 мм (рис. 5) характеризується різним характером розподілу в залежності від розміщення паль в плані: парабола – для стандартного положення і сідловидна епюра – при повороті паль на 45° в плані. Пікові значення напружень зменшилися на 18% при порівнянні перерізів 1-1 та 3-3, та на 23% для перерізів 2-2 та 4-4. Напруження розподіляються на більшу відстань в горизонтальному напрямку для перерізу 3-3 у порівнянні з 1-1 та на меншу для 2-2 у порівнянні з 4-4. Тобто збільшується відстань розподілу напружень у перпендикулярному до осі фундаменту напрямку, що спричинює більш рівномірний розподіл напружень в горизонтальній площині.

На глибині 1500 мм форма характеру розподілу напружень по перерізу 1-1 – параболічна, по перерізу 3-3 – сідловидна, різниця максимальних значень напружень складає 9%. Параболічна форма розподілу напружень спостерігається для перерізу 2-2 та 4-4 з різницею значень у 19%, при цьому напруження в перерізі 4-4 поширюються на меншу відстань в горизонтальному напрямку. В усіх перерізах на даній глибині – 1500 мм, менші значення величин напружень відповідають схемі з повернутими на 45° палями у плані.

На глибині 1000 мм від вістря палі визначено площу умовного фундаменту для пальового куща при розподілі напружень під кутом $\phi/4$, відповідно до вимог [1] – 7.5 та 8.5 м², та при куті $\phi/1.5$ визначеному відповідно до [4] з урахуванням характеру їх розподілу – 13.8 та 13.7 м² при стандартному положенні та при зміні кута повороту паль на 45° відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняння площ умовних фундаментів, визначених різними методами

Метод визначення площі умовного фундаменту	Площа умовного фундаменту для		
	одиначної палі, м ²	куща із двох паль, м ²	куща із двох паль при повороті паль на 45° в плані, м ²
ДБН В.2.1-10-2009. Зм.1	5,38	7,5	8.2
За методикою, розробленою в КНУБА	5,93	13,8	13.7
Різниця між площами умовних фундаментів	-10%	-84%	67%

Площа умовного фундаменту визначена за ДБН В.2.1-10-2009. Зм.1 [1] в порівнянні з площею визначеною за рішенням кафедри на 10% більша – для одиначної палі, на 82% більша для куща із двох паль при стандартному положенні, на 78% більша при зміні кута повороту паль на 45°. Це вказує на те, що визначення площі умовного фундаменту за діючими нормами можуть мати відхилення від реальних значень.

Для перевірки отриманих результатів виконано спостереження за влаштуванням вдавлюваних паль квадратного поперечного перерізу, розміром 30х30 см на майданчику, ґрунтові умови якого представлено в даній публікації. Шарнірний вузол з'єднання палі із оголовком вдавлюючої установки при її влаштуванні дозволяв вільне обертання палі навколо її поздовжньої осі. Це спричинило обертання паль у кущах на кут 45°, що підтверджується дослідженнями проведеними в даній публікації (рис. 6).



Рис. 6. Вдавлювані палі квадратного поперечного перерізу, влаштовані з поворотом навколо поздовжньої осі на 45°

Висновки

1. Аналітично побудовано та проаналізовано характер розподілу вертикальних напружень на різній глибині під нижнім кінцем забивної одиначної квадратної палі, куща із двох паль при різному положенні (куті повороту) в плані з урахуванням стану ґрунту, що оточує палю і його походження.

2. Поворот паль в плані на 45° у кущі із двох паль дозволяє зменшити величину пікових значень напружень до 76 % у порівнянні із стандартним положенням та більш рівномірно розподілити напруження по площі умовного фундаменту.

3. Виявлено, що форма умовного фундаменту, визначена за ДБН В.2.1-10-2009. Зм.1, яка має вигляд квадрату чи прямокутника в плані, в порівнянні з площею визначеною з використанням рішень кафедри не співпадають між собою. Площа умовного фундаменту, визначена за ДБН В.2.1-10-2009. Зм.1 в порівнянні з площею визначеною з урахуванням рішення кафедри є

меншою на 10% – для одиночної палі, на 84% – для куща із двох паль при стандартному положенні, на 67% – при зміні кута повороту паль на 45°.

4. Отримані результати досліджень задовільно узгоджуються з експериментальними даними та вказують на необхідність врахування реальних значень напружень, характеру їх розподілу в основі паль і пальових фундаментів при конструюванні пальових фундаментів та розрахунку за несучою здатністю та деформаціями основи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зміна №1: ДБН В.2.1-10-2009. - [Чинний від 2011-07-01]. - К.: Укрархбудінформ, 2011. - 55 с.
2. Малишев О.В. Розподіл вертикальних напружень в основі забивних паль круглого поперечного перерізу / О.В. Малишев // Основи та фундаменти: міжвід. наук. – техн. зб. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 37. – С. 329-339.
3. Малишев О.В. Осідання одиночних вдавлюваних паль / О.В. Малишев // Галузеве машинобудування, будівництво: збірник наукових праць. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – Т. 2, вип. 4 (34). – С. 138-143.
4. Цимбал С.Й. Особливості утворення ущільнених зон ґрунту навколо бічної поверхні вдавлюваних паль / С.Й. Цимбал, О.В. Малишев // Опір матеріалів і теорія споруд: наук. – техн. зб. – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 87. – С. 99-108.
5. Цимбал С.Й. Розрахунок пальового фундаменту із таврових паль за деформаціями основи / С.Й. Цимбал, О.В. Малишев, Бугримов В.М. // Основи та фундаменти: міжвід. наук. – техн. зб. – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 35. – С. 102-114.
6. Карпюк І.А. Особливості взаємодії паль, заглиблених вдавлюванням, з ґрунтом основи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.02 «Підвалини та фундаменти» / І.А. Карпюк. - Одеса, 2004. - 19 с.
7. Цимбал С.Й. Експериментальні польові дослідження вдавлюваних паль таврового поперечного перерізу / С.Й. Цимбал, О.В. Малишев // Техніка будівництва: наук.-техн. журнал. – К.: КНУБА, 2010. - Вип. 25. - С. 77-81.

REFERENCES

1. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennya proektuvannya. Zmina №1 (Bases and foundations of structures. Basic provisions of design. Change №1): DBN V.2.1-10-2009. - [Chynnyy vid 2011-07-01]. - K.: Ukrarkhbudinform, 2011. - 55 p.
2. Malyshev O.V. Rozpodil vertykalnykh napruzhen v osnovi zabyvnykh pal kruhloho poperechnoho pererizu (Vertical stresses distribution at the base of circular driven piles) / O.V. Malyshev // Osnovy ta fundamenti: mizhvid. nauk. – tekhn. zb. – K.: KNUBA, 2015. – Vyp. 37. – S. 329-339.
3. Malyshev O.V. Osidannya odynochnykh vdavlyuvanykh pal (Settlement of single driven piles) / O.V. Malyshev // Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo: zbirnyk naukovykh prats. – Poltava: PoltNTU, 2012. – T. 2, vyp. 4 (34). – S. 138-143.
4. Tsybal S.Y. Osoblyvosti utvorennia ushchilnenykh zon ґruntu navkolo bichnoyi poverkhni vdavlyuvanykh pal (Features of the formation of compacted soil zones around the lateral surface of driven piles) / S.Y. Tsybal, O.V. Malyshev // Opir materialiv i teoriya sporud: nauk. – tekhn. zb. – K.: KNUBA, 2011. – Vyp. 87. – S. 99-108.
5. Tsybal S.Y. Rozrakhunok palovoho fundamentu iz tavrovykh pal za deformatsiyamy osnovy (Calculation of pile foundation from T-shaped piles based on base deformations) / S.Y. Tsybal, O.V. Malyshev, Buhrymov V.M. // Osnovy ta fundamenti: mizhvid. nauk. – tekhn. zb. – K.: KNUBA, 2014. – Vyp. 35. – S. 102-114.
6. Karpyuk I.A. Osoblyvosti vzayemodiyi pal, zahlyblyenykh vdavlyuvannyam, z ґruntom osnovy: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk: spets. 05.23.02 «Pidvalyny ta fundamenti» (Peculiarities of the driven piles interaction by pressing with the base soil: author's abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences: specialty 05.23.02 "Bases and foundations") / I.A. Karpyuk. - Odesa, 2004. - 19 s.
7. Tsybal S.Y. Eksperymentalni polovi doslidzhennya vdavlyuvanykh pal tavrovoho poperechnoho pererizu (Experimental field investigation of T-shaped cross-section driven piles) / S.Y. Tsybal, O.V. Malyshev // Tekhnika budivnytstva: nauk.-tekhn. zhurnal. – K.: KNUBA, 2010. - Vyp. 25. - S. 77-81.

Стаття надійшла 09.02.2026

Малишев О.В., Диттан Т.В.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ НАПРУЖЕНЬ В ҐРУНТОВІЙ ОСНОВІ ПАЛЬ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СПОСОБУ ЇХ РОЗМІЩЕННЯ В ПЛАНІ

Удосконалення наявних методів розрахунку нових конструкцій та їхніх елементів відповідно до чинних нормативних документів у галузі будівництва відбувається значно повільніше, ніж розвиток виробничих технологій. Це, своєю чергою, обмежує впровадження сучасних технічних рішень і технологій, а також ускладнює створення оптимальних умов для їх ефективного використання та розрахунку. Наприклад, проведення розрахунків паль і пальових фундаментів на несучу здатність і деформації основи згідно з ДБН В.2.1-10-2009. Зміна 1 не забезпечує достатнього рівня точності й надійності через низку факторів: застосування усереднених табличних значень опору ґрунту, неврахування стану ґрунту по довжині палі, його походження та тиску обтиснення, використання деформаційних характеристик ґрунтів, отриманих за результатами польових випробувань та ін.

У роботі наведено результати аналітичного дослідження просторового розподілу вертикальних напружень у ґрунтовій основі в зоні, розташованій під нижнім кінцем забивних висячих паль квадратного поперечного перерізу розміром 30х30см при їх різному розташуванні в плані. Побудова напружень відбувалася на основі математичного моделювання розподілу напружень в ґрунтовій основі розробленого кафедрою геотехніки КНУБА для одиночної палі, що дозволяє отримати задовільні результати в порівнянні із експериментальними даними, а також пальового куща із двох паль з різним положенням палі в плані. Побудова характеру розподілу напружень в горизонтальній площині нижче вістря палі відбувалася за використанням теоретичних рішень, що базуються на основі експериментальних польових досліджень деформацій основи піщаних та глинистих ґрунтів проведених в польових та лабораторних умовах. Особливу увагу приділено впливу конфігурації розміщення паль на зміну форми, розмірів та площі зон напруженого

стану в ґрунтовому середовищі від передачі навантаження бічною поверхнею та нижнім кінцем палі. Виконано порівняльний аналіз геометричних характеристик умовних фундаментів, визначених за різними методиками, зокрема — на основі класичних теоретичних положень та сучасних аналітичних підходів. Отримані результати дозволяють глибше зрозуміти механізм взаємодії палі із основою, а також можуть слугувати підґрунтям для уточнення розрахункових моделей при проектуванні палих фундаментів з урахуванням просторового ефекту та впливу конфігурації куша палі.

Ключові слова: основа, забивна паля, куш палі, поперечний переріз, напруження, несуча здатність, умовний фундамент.

Malyshev O.V., Dyptan T.V.

FEATURES OF STRESS DISTRIBUTION IN THE SOIL BASE OF PILES DEPENDING ON THE METHOD OF THEIR PLACEMENT IN THE PLAN

The improvement of existing methods for calculating new structures and their elements in accordance with current regulatory documents in the field of construction is much slower than the development of production technologies. This, in turn, limits the implementation of modern technical solutions and technologies, and also complicates the creation of optimal conditions for their effective use and calculation. For example, calculations of piles and pile foundations for bearing capacity and base deformations according to DBN V.2.1-10-2009. Amendment 1 does not provide a sufficient level of accuracy and reliability due to a number of factors: the use of averaged tabular values of soil resistance, failure to take into account the state of the soil along the length of the pile, its origin and compression pressure, the use of deformation characteristics of soils obtained from the results of field tests, etc.

The paper presents the results of an analytical study of the spatial distribution of vertical stresses in the soil base in the zone located under the lower end of the driven hanging piles of square cross-section 30x30cm in size with their different location in the plan. The construction of stresses was based on mathematical modeling of the distribution of stresses in the soil base developed by the Department of Geotechnics of the KNUBA for a single pile, which allows obtaining satisfactory results in comparison with experimental data, as well as a pile bush of two piles with different positions of the pile in the plan. The construction of the nature of the stress distribution in the horizontal plane below the pile tip was carried out using theoretical solutions based on experimental field studies of deformations of the base of sandy and clayey soils in field and laboratory conditions. Special attention is paid to the influence of the pile placement configuration on the change in the shape, size and area of the zones of the stressed state in the soil environment from the transfer of load by the lateral surface and the lower end of the pile. A comparative analysis of the geometric characteristics of conditional foundations determined by different methods, in particular, based on classical theoretical provisions and modern analytical approaches, has been performed. The results obtained allow a deeper understanding of the mechanism of interaction of piles with the base, and can also serve as a basis for refining calculation models when designing pile foundations, taking into account the spatial effect and the influence of the pile bush configuration.

Keywords: foundation, driven pile, pile cluster, cross-section, stress, bearing capacity, conditional foundation.

УДК 624.15

Малишев О.В., Диптан Т.В. **Особливості розподілу напружень в ґрунтовій основі палі в залежності від способу їх розміщення в плані** // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірник – К.: КНУБА, 2026. – Вип. 116. – С. 291-298.

Дослідження просторового розподілу напружень у ґрунтовій основі в зоні, розташованій під нижнім кінцем одиначної палі, а також пального куша з двох забивних висячих палі квадратного поперечного перерізу при їх різному розташуванні в плані.

Табл. 2. Іл. 6. Бібліогр. 7 назв.

UDC 624.15

Malyshev O.V., Dyptan T.V. **Features of the distribution of stresses in the soil base of piles depending on the method of their placement in the plan** // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2026. – Issue 116. – P. 291-298.

Research on the spatial distribution of stresses in the soil base in the zone located under the lower end of a single pile, as well as a pile bush from two driven hanging piles of square cross-section with their different placement in the plan.

Tab. 2. Fig. 6. Ref. 7.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехніки КНУБА МАЛИШЕВ Олег Вікторович

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Київський національний університет будівництва і архітектури

E-mail: malyshev.ov@knuba.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2804-6217>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): ст. викл. кафедри геотехніки КНУБА ДИПТАН Тетяна Василівна

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Київський національний університет будівництва і архітектури

E-mail: dyptan.tv@knuba.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2852-014X>