



УДК 624.154, 624.159.2



КОВАЛЬСЬКИЙ Р.К.

Канд. технічних наук, зав. лаб.,
ДП "Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій", м. Київ, Україна,
e-mail: 777krk@gmail.com,
тел. +38 (050) 907-77-99,
ORCID: 0000-0002-9895-9257

ДЕФЕКТИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ БУРОІН'ЄКЦІЙНОЇ ПАЛІ В СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇЇ НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ, ЗА ВЛАСТИВОСТЯМИ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ

АНОТАЦІЯ

У роботі представлено основні дефекти при виготовленні буроін'єкційної палі, що впливають на її несучу здатність за властивостями ґрунтової основи. Систематизовано умови, за яких можливе виникнення дефектів палі при виготовленні та надано загальні рекомендації щодо усунення таких умов. Найбільш впливовою умовою, що спричинює появу дефектів, є така геологічна будова, коли у верхній частині інженерно-геологічного розрізу розташовані водонасичені піщані ґрунти та/або пилувато-глинисті ґрунти з показником текучості більше 0,5, а в нижній частині - пилувато-глинисті ґрунти з показником текучості менше 0,1 - 0,2.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: буроін'єкційна паля, дефекти, технологічні параметри, складні інженерно-геологічні умови, вплив, суфוזія, випробування, статичне вдавлювальне навантаження.

**DEFECTS WHEN MANUFACTURING OF
CONTINUOUS FLIGHT AUGER PILE IN THE
COMPLEX ENGINEERING AND GEOLOGICAL
CONDITIONS AFFECTING ITS BEARING
CAPACITY ON THE GROUND BASIS BEHAVIOR**

KOVALSKYY R.K. PhD, Lab. head, State enterprise
"State Research Institute of Building Constructions",
Kyiv, Ukraine,
e-mail: 777krk@gmail.com,
tel. +38 (050) 907-77-99,
ORCID 0000-0002-9895-9257

ABSTRACT

The main defects when manufacturing of continuous flight auger pile, affecting to its bearing capacity on behavior of the soil basis are described in paper. The

conditions, when appearance of a pile defect during its manufacturing is possible, are systematized; the general recommendations for elimination of such conditions are provided. The most favorable condition for appearance of defects is a following geological structure: when there are water-saturated sandy soils in the upper part of the engineering-geological section and / or the dust-clay soils with yield index more than 0,5, and the dust-clay soils with yield index less than 0,1 - 0,2 in the lower part. The analysis is carried out for the construction sites of Kiev city. The results of the pile tests by static pressure load, the data of SOB protocols, the check of durability and solidity of piles by non-destructive methods of control and data of engineering geological surveys were taken into account in analysis.

KEY WORDS: continuous flight auger, defects, technological parameters, complex engineering-geological conditions, influence, suffusion, tests, static pressure load.

**ПОСТАНОВА ПРОБЛЕМИ В ЗАГАЛЬНОМУ
ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ
НАЙВАЖЛИВІШИМИ НАУКОВИМИ ТА
ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ**

На сьогоднішній день у будівництві частка використання буроін'єкційних паль для пальових фундаментів становить понад 70%. Цьому сприяють такі фактори:

- швидкість виготовлення;
- значно менша ціна порівняно з буронабивними палями;
- наявність широкого спектру машин для їх виготовлення;
- можливість влаштування паль значної довжини (до 50 м) та діаметру (порівняно з забивними чи вдавлювальними палями).



Однак, як показала практика влаштування паль значної довжини (понад 20,0 м) у складних інженерно-геологічних умовах, без урахування особливостей окремо взятого будівельного майданчика та недотримання мінімально необхідних технологічних параметрів може призвести до втрати очікуваного економічного ефекту. Це відбувається за рахунок того, що палі не має очікуваної несучої здатності за властивостями ґрунтової основи, що спричинює невиправдані перевитрати бетону та арматури за рахунок збільшення кількості паль. Саме тому дослідження причин появи дефектів, що призводять до зменшення несучої здатності палі, та їх систематизація є актуальними з точки зору отримання оптимального економічного рішення пального фундаменту.

спеціалізовані організації для аналізу причин такої невідповідності [3, 4]. І, як правило, причиною є порушення технології влаштування паль у складних інженерно-геологічних умовах. Однак, такі праці є не систематизовані і не узагальнені, тому необхідність виконання такої роботи на сьогоднішній час є актуальною.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

При проектуванні житлового комплексу по вул. Вишгородській у м. Києві було випробувано 4 дослідних куца паль із дослідних буроін'єкційних паль діаметром 620 мм та довжиною 36 - 40 м. Геометричні характеристики паль представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики дослідних паль

№ куца	Марка палі за програмою	Абсолютна відмітка, м		Довжина палі, м
		верху палі	низу палі	
1	СвБ-2012-1	123,75	86,75	37,0
2	СвБ-2012-2	123,75	83,75	40,0
3	СвБ-2012-3	122,75	83,75	39,0
4	СвБ-2012-4	122,75	84,75	38,0

МЕТА СТАТТІ

Визначити та систематизувати технологічні умови, за яких буроін'єкційна палі суттєво зменшує несучу здатність за властивостями ґрунтової основи в складних інженерно-геологічних умовах, та надати рекомендації щодо їх недопущення.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

На сьогоднішній день в Україні чинні основні два нормативних документа, що регулюють мінімально необхідні технологічні параметри для отримання якісної палі щодо її несучої здатності за властивостями ґрунтової основи [1, 2]

У розділі 8.2.5 [1] приведено узагальнений опис технологічних процесів із влаштування палі з метою недопущення зниження її несучої здатності за властивостями ґрунтової основи. Однак, відсутня класифікація інженерно-геологічних умов, за яких таке зниження може статися. В зазначеному документі відсутні конкретні величини щодо технологічних параметрів, що мають бути дотримані при влаштуванні паль. Певні величини технологічних параметрів представлені в [2]. Одним із важливих параметрів є необхідність створення в бетоноводі тиску бетонної суміші не менше ніж 100 кПа перед початком підйому шнека від основи палі, оскільки якісне формування п'яти палі забезпечує прогнозовану несучу здатність палі за властивостями ґрунтової основи.

На будівельних майданчиках України періодично виникають ситуації (особливо при виконанні буроін'єкційних паль довжиною понад 20 м), коли влаштовані палі мають значно меншу несучу здатність за властивостями ґрунтової основи, ніж очікували згідно з виконаними розрахунками та польовими дослідженнями, або значні (вдвічі) перевитрати бетону на їх влаштування. У таких випадках залучають

Інженерно-геологічна будова майданчика характеризується значною неоднорідністю будови у верхній частині (до глибини 10 - 17 м) та представлена водонасиченими пісками та текучими/текучепластичними супісками/суглинками, та більш міцними інженерно-геологічними елементами у нижній частині, що представлені твердими глинами і щільними пісками. Усереднене відношення значень модулів загальної деформації між нижніми та верхніми інженерно-геологічними елементами становить орієнтовно 4-5. Типовий інженерно-геологічний розріз майданчика показано на рис. 1.

При випробуванні дослідних паль, основою яких служив щільний пісок, отримали значний розкид величини їх несучої здатності – більше, ніж у 2 рази. Таким чином повністю нівелювався економічний ефект від використання буроін'єкційних паль внаслідок меншої величини несучої здатності палі, ніж та, що прогнозувалася, оскільки виникала необхідність у збільшенні кількості паль майже у 2 рази. Результати випробувань представлено в табл. 2.

Після аналізу виконавчої документації (в тому числі SOB протоколів) з урахуванням інженерно-геологічних умов прийшли до висновку, що основною причиною значного зниження несучої здатності паль було порушення технології, зокрема, неякісне формування основи палі (в дослідних палях СвБ-2012-2 та СвБ-2012-3 при підйомі шнеку, в ньому не створювали мінімальний тиск 100 кПа), що фактично виключало роботу палі в рівні її п'яти, та суфозійне винесення у



Таблиця 2. Результати випробування паль

№ куца	Марка паль	Основа паль	Максимальне вертикальне навантаження, N, кН	Осідання від навантаження, s, мм	Заглиблення паль в ІГЕ-9, м
1	СвБ-2012-1	ІГЕ-9	3600	8,05	0,24
2	СвБ-2012-2	ІГЕ-9	1500	40,03	5,07
			2000*	80,17	
3	СвБ-2012-3	ІГЕ-9	1850	10,03	2,23
4	СвБ-2012-4	ІГЕ-9	3600	10,03	2,88

Примітка * – повторне випробування паль

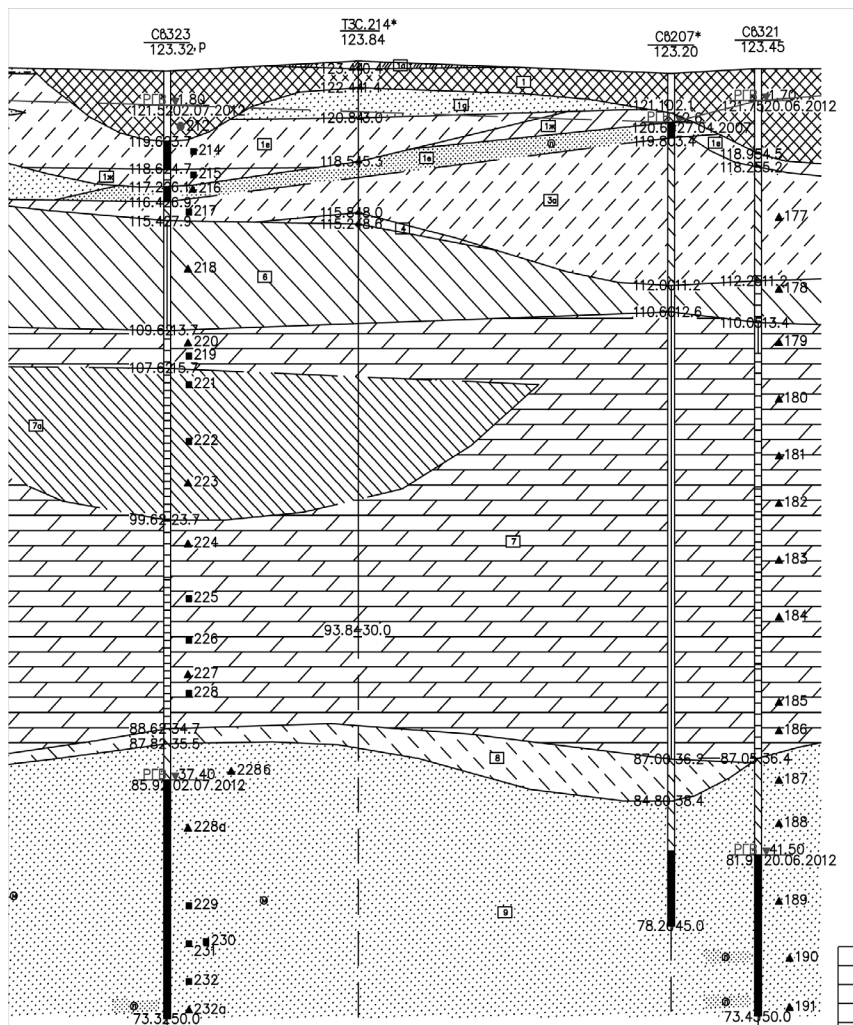


Рис. 1. Типовий інженерно-геологічний розріз на майданчику будівництва по вул. Вишгородській, м. Київ (1-9 – номери інженерно-геологічних елементів)

свердловину слабких ґрунтів у верхній частині пальі внаслідок значної швидкості обертання шнеку по відношенню до його опускання при проходженні більш міцних ІГЕ в нижній частині пальі.

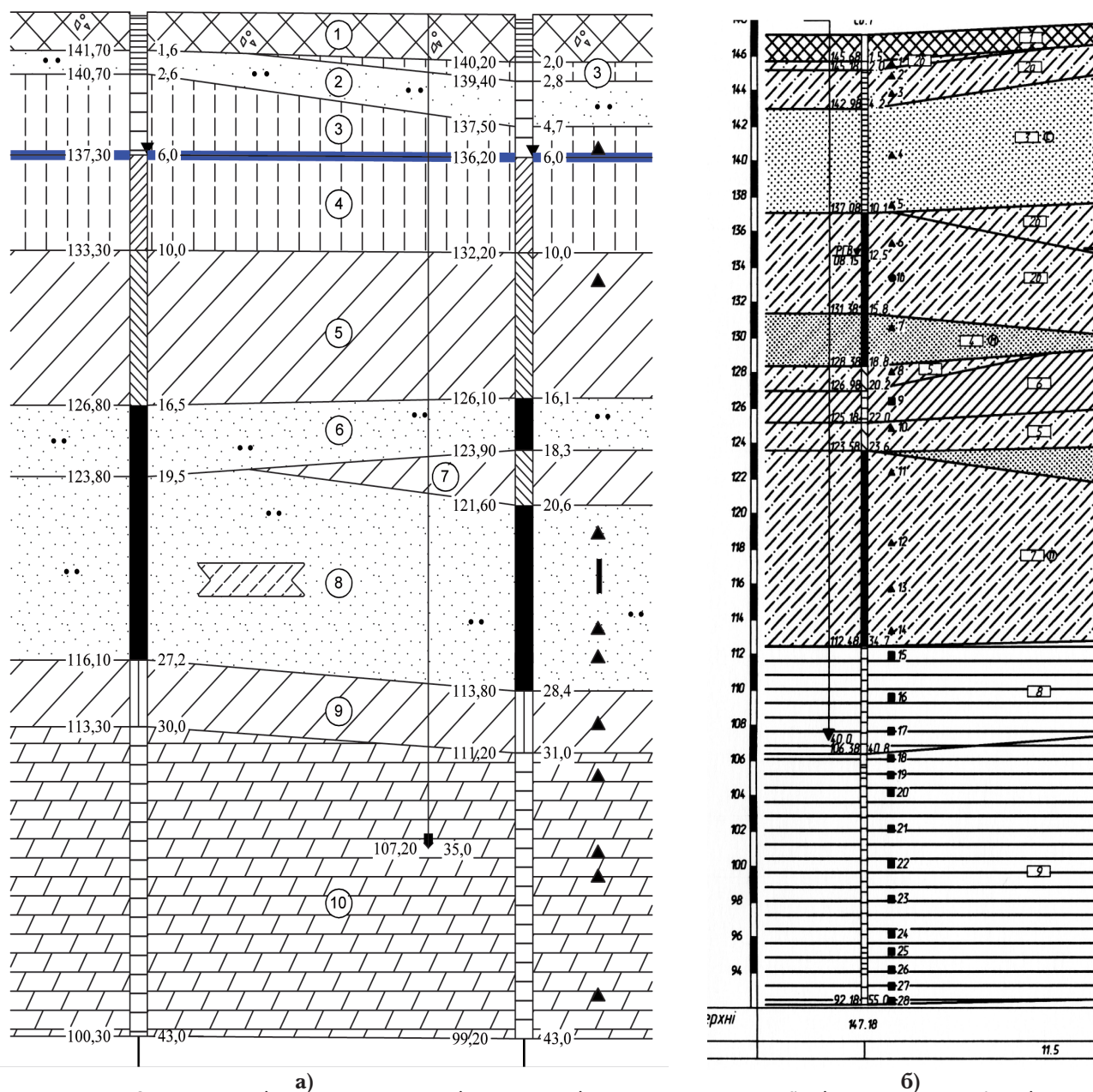
Аналогічна ситуація склалася і по вул. Старокиївській та вул. Річній у м. Києві. Типові розрізи для зазначених майданчиків показані на рис. 2. Будова інженерно-геологічного розрізу подібна до представленого на рис. 1. Причини низької несучої здатності аналогічні тим, що були зафіксовані по вул. Вишгородській. Діаметр паль становив 620 мм, довжина – 35-40 м.

Для підтвердження причин, що зумовили значний розкид величини несучої здатності паль по вул. Річній, було виконано нову дослідну палью з суворим контролем необхідних технологічних параметрів, що була випробувана. За результатами випробування було підтверджено високу несучу здатність пальі (4000 кН – при осіданні 10 мм, тоді як для пальі з порушенням технології влаштування - 3150 кН при осіданні 40 мм). Це дозволило не витрачати додаткові кошти на підсилення пального поля. Подальші пальі виконували із суворим контролем необхідних параметрів.

Таким чином, при наявності у верхній частині інженерно-геологічного розрізу слабких пилувато-глинистих ґрунтів текучопластичної/текучої консистенції та/або водонасичених пісків, а у нижній частині (що є основою пальі) більш міцних щільних пісків та/або твердих/напівтвердих пилувато-глинистих ґрунтів (при співвідношеннях значень модулів загальної деформації нижніх інженерно-геологічних елементів до верхніх понад 3) виникає значний ризик зменшення несучої здатності пальі за властивостями ґрунтової основи. Зниження обумовлене

такими факторами:

- неякісно зачищається основа пальі від шламу для буріння в твердих/напівтвердих пилувато-глинистих ґрунтах. До пробуреної свердловини потрапляють розушільнені



при бурінні водонасичені піски та текучі/текучопластичні пилювато-глинисті ґрунти. Як правило, це стається внаслідок відсутності необхідного тиску в бетоноводі при піднятті шнеку. Зазначений тиск необхідний для витиснення шламу з-під п'яти палі;

Щодо зазначеного в п. б) необхідно відмітити, що при перебудуванні ґрунту та недотриманні мінімально необхідних відстаней між недавно влаштованою палею та новою палею відбувається осідання денної поверхні з раніше влаштованими палями.

- необхідної технологічної перерви між улаштованими палями (нові палі влаштовували біля вже сусідніх улаштованих через

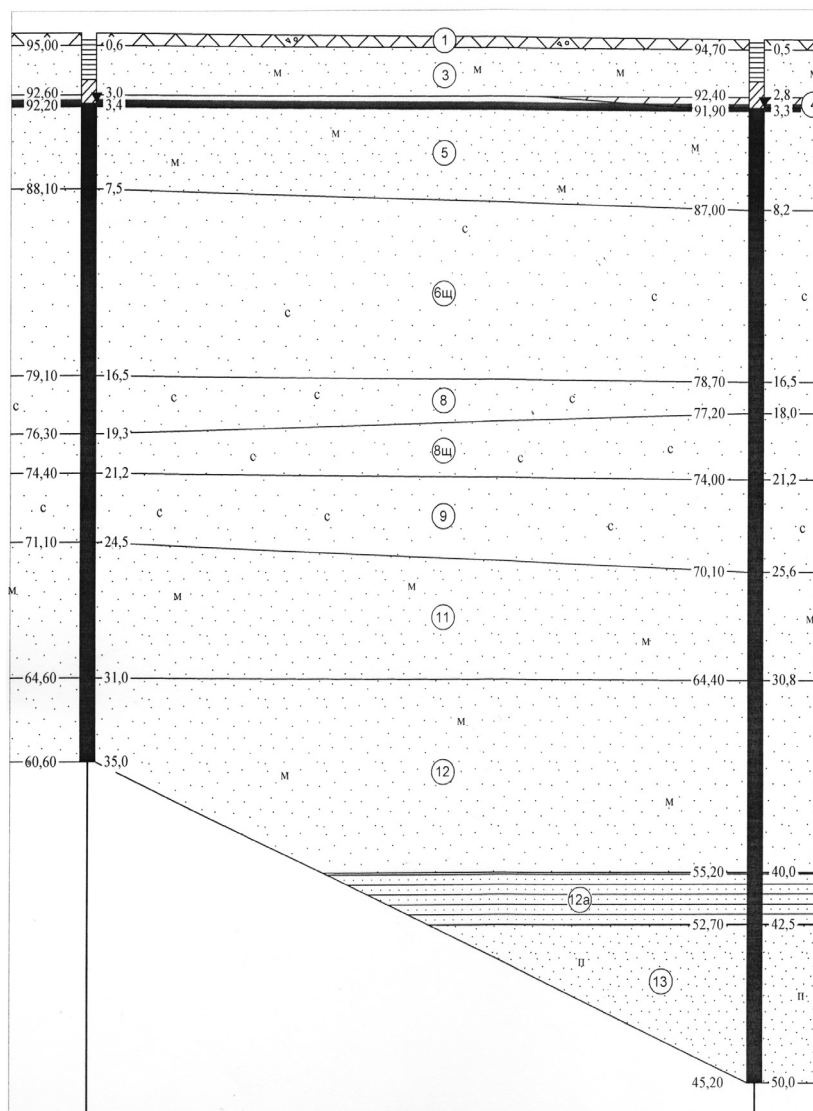


Рис. 3. Типовий інженерно-геологічний розріз на майданчику будівництва по вул. Зарічний м. Києва (1-13 – номери інженерно-геологічних елементів)

одну добу);

- достатнього тиску бетонної суміші при бетонуванні нової палі;
- необхідної мінімальної відстані до вже влаштованих паль: нові палі влаштовували біля вже влаштованих, а не за принципом "одну – через дві палі", а також швидке влаштування свердловини під робочу палю порівняно з дослідною палею. Свердловини під робочі палі влаштовували в 2-3 рази швидше. При цьому, дослідні палі при випробуваннях показали прогнозовану величину несучої здатності паль за властивостями ґрунтової основи.

Виконавцю було надано пропозиції щодо дотримання технологічних параметрів, що були використані при влаштуванні дослідних паль, та влаштування паль за принципом "одну через дві". Виконання нової палі біля раніше виконаної

проводити не раніше, ніж через 48 годин. Це дозволило в подальшому виключити значні осідання вже влаштованих паль.

Необхідно відмітити, що контрольні випробування паль (проведені через більш ніж 28 діб після її влаштування), що отримала найбільше осідання, підтвердили результати випробування дослідних паль щодо величини несучої здатності.

Таким чином, при влаштуванні паль у водонасичених пісках з незначними прошарками пластичних/текучих супісків та текучепластичних/текучих суглинків у верхній частині інженерно-геологічного розрізу з урахуванням впливу порушення технологічних параметрів, що зазначені вище, є значний ризик опускання денної поверхні з улаштованими палями. При цьому за рахунок можливості запливання пісків, супісків та суглинків до можливих зон розуцільнення при влаштуванні пальі, зниження несучої здатності фактично не відбувається.

ВИСНОВКИ

За результатами аналізу науково-технічної документації, результатів випробування паль та розрахунків для представлених типових інженерно-геологічних умов м. Києва можна зробити висновки:

- при недотриманні необхідних технологічних параметрів при влаштуванні бурін'єкційних паль [2], значний ризик зниження несучої здатності пальі за властивостями ґрунтової основи виникає, якщо основою пальі слугують тверді/напівтверді глини/суглинки, а верхня частина інженерно-геологічного розрізу представлена водонасиченими пісками та/або текучепластичними/текучими суглинками та/або пластичними/текучими супісками. Зниження може бути до 1,5-3 разів від прогнозованого значення;
- при влаштуванні пальі у водонасичених пісках, супісках та суглинках, ризик зменшення величини несучої здатності пальі за властивостями ґрунтової основи значно менший (навіть при деяких порушеннях технологічних параметрів) за рахунок здатності такого типу ґрунтів заповнювати зони розуцільнення, що утворюються при влаштуванні паль. Однак, необхідно враховувати можливість осідання денної поверхні при перебудуванні слабких ґрунтів, що знаходяться у верхній частині інженерно-геологічного розрізу;



- коригування технологічних параметрів необхідно відпрацьовувати при влаштуванні дослідних куців паль. Критерієм правильності підібраних параметрів слугують успішні випробування статичним вдавлювальним навантаженням (з урахуванням розрахунків та даних статичного зондування). Таких параметрів необхідно дотримуватися при влаштуванні робочих паль.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Виконання спеціальних геотехнічних робіт. Палі бурові: (EN 1536:2010, IDT) ДСТУ Б EN 1536:2015. – [Чинний від 2016-10-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2016. – VI, 116 с. – (Національний стандарт України).
2. Настанова щодо проведення земляних робіт, влаштування основ та спорудження фундаментів: (СНиП 3.02.01-87, MOD) ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 – [Чинний з 2014-01-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – VIII, 88 с. – (Національний стандарт України).
3. Складання висновку щодо відповідності влаштованих паль проектній документації та розроблення рекомендацій щодо необхідності, об'ємів та місць випробування паль на будівництві секції 1.6 об'єкту «Житловий комплекс з об'єктами соціально-громадського призначення, паркінгами та благоустроєм пам'ятки природи «Крістова гірка» по вул. Вишгородська, 45 у Подільському районі м. Києва [Текст]: звіт про НТР / ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»; кер. Бамбура А.М. - Київ, 2012. – 62 с. – Вик.: Гурківський О.Б., Ковальський Р.К., Карпенко Д.А., Кураш С.Ю. - №ГР 316-2938. – Інв. № 17734.
4. Особливості влаштування буроін'єкційних паль великого діаметра в багатошарових глинистих ґрунтах / [Седін В.Л., Мельник А.М., Бікус К.М., Шикотюк К.А.] // Зб. наукових пр. Сер.: галузеве машинобудування, буд-во. Вип. 1 (43). – Полтава: ПолтНТУ, 2015. - С. 214-221.

REFERENCES

1. Execution of special geotechnical work. Bored piles (EN 1536:2010, IDT) DSTU B EN 1536:2015. (2016). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".

2. Guidelines on earthworks execution, bases arrangement and foundations construction: (SNiP 3.02.01-87, MOD) DSTU-N B V.2.1-28:2013. (2014). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".
3. Gurkivskii, O.B., Kovalskyi, R.K., Karpenko, D.A., & Kurash, S.Yu. (2012). Conclusions drawing on the conformity of the arranged piles with the project documentation and developing recommendations on the necessity, scope and piles test sites at the construction of section 1.6 of the object "Residential complex with social and public objects, parking lots and landscaping of the nature monument "Christer Hill" on the 45 Vyshhorodska St. in the Podilskyi district of Kyiv. In A.N.Bambura (Manager). Scientific and Technological Work Report, No GR 316-2938, Reg. No 17734. Kyiv: SE "State Research Institute of Building Constructions".
4. Sedin, V.L., Melnyk, A.M., Bikus, K.M., & Shykotiuk, K.A. (2015). Features of the large diameter CFA piles arrangement in multilayered clay soils. Collection of scientific papers (industrial engineering; construction), 1 (43), 214-221. Poltava: PoltNTU.

Стаття надійшла до редакції 20.07.2017 р.