



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 пілувато-глинисті ґрунти з показником текучості більше 0,5, а в нижній частині - пілувато-глинисті ґрунти з показником текучості менше 0,1 - 0,2.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: буроін'єкційна паля, дефекти, технологічні параметри, складні інженерно-геологічні умови, вплив, суфозія, 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 палей для паливних 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 палей 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 паля 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 куща паль із дослідних бурюін'єкційних паль діаметром 620 мм та довжиною 36 - 40 м. Геометричні характеристики паль представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристики дослідних паль

№ куща	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 бурюін'єкційна паля 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 бурюін'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 бурюін'єкційних паль внаслідок меншої величини несучої здатності палі, ніж та, що прогнозувалася, оскільки виникла 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 палі	Основа палі	Максимальне вертикальне навантаження, N, кН	Осідання від навантаження, s, мм	Заглиблення палі 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 палі

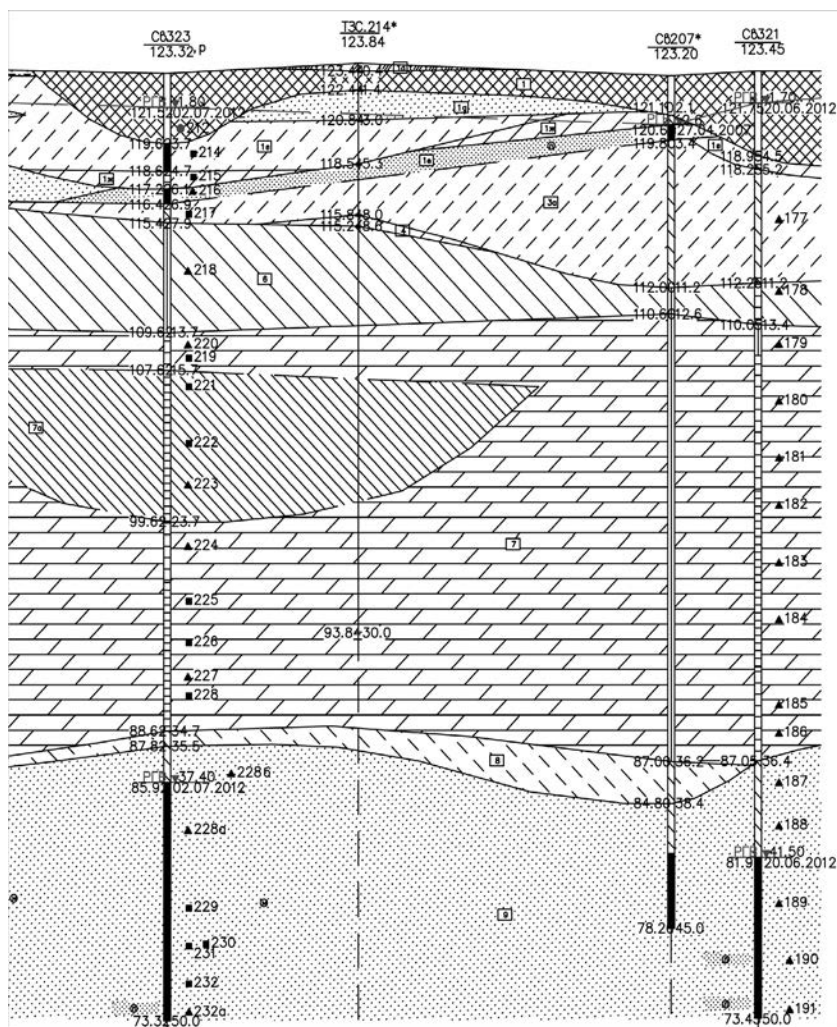


Рис. 1. Типовий інженерно-геологічний розріз на майданчику будівництва по вул. Вишгородській, м. Київ (1-9 – номери інженерно-геологічних елементів)

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 палу з суворим контролем необхідних технологічних параметрів, що була випробувана. За результатами випробування було підтверджено високу несучу здатність палі (4000 кН – при осіданні 10 мм, тоді як для палі з порушенням технології влаштування – 3150 кН при осіданні 40 мм). Це дозволило не витратити додаткові кошти на підсилення пального поля. Подальші палі 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 палі) 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 палі за властивостями ґрунтової основи. Зниження обумовлене

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

такими факторами:

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

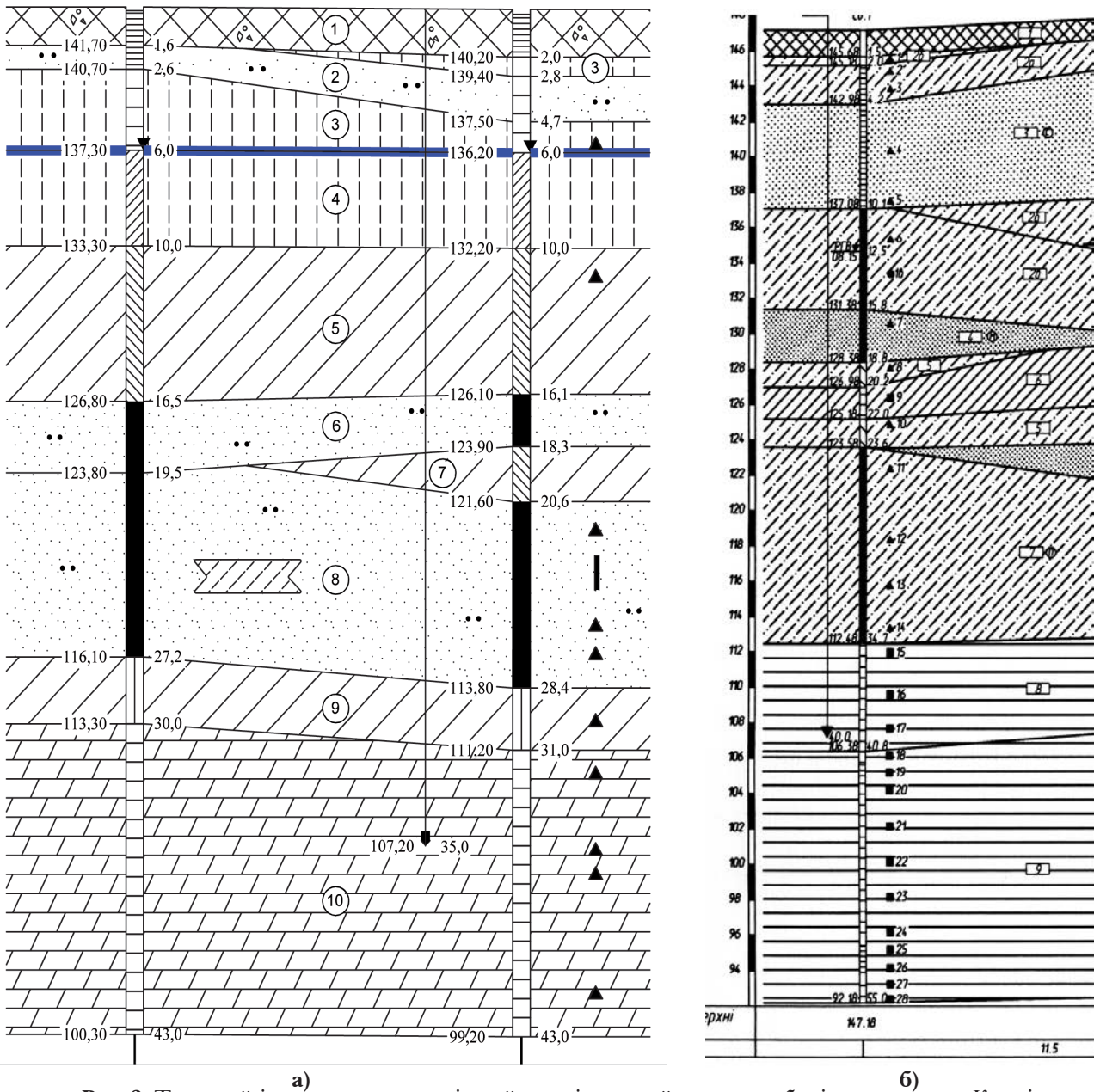


Рис. 2. Типовий інженерно-геологічний розріз на майданчиках будівництва в м. Києві по вул. Старокиївській (а), по вул. Річний (б) (1-10 – номери інженерно-геологічних елементів)

при бурінні водонасичені піски та текучі/текучопластичні пилувато-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;

- б) зменшення опору палі по бічній поверхні внаслідок механічного суфозійного виносу (перебурювання ґрунту веде до перевитрат бетону) з верхньої частини розрізу водонасичених пісків, супісків та суглинків (від пластичної до текучої консистенції). Це відбувається при значній швидкості обертання шнеку по відношенню до швидкості його занурення, при проходженні більш міцних інженерно-геологічних елементів у нижній частині інженерно-геологічного розрізу.

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

Так, на об'єкті по вул. Зарічний у м. Києві, при влаштуванні нових паль діаметром 820 мм та довжиною 22 м було зафіксовано осідання вже виконаних паль до 120 мм. Типовий інженерно-геологічний розріз майданчика показано на рис. 3. В розрізі домінують водонасичені піски від середньої щільності до щільних. Причинами таких осідань була відсутність:

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

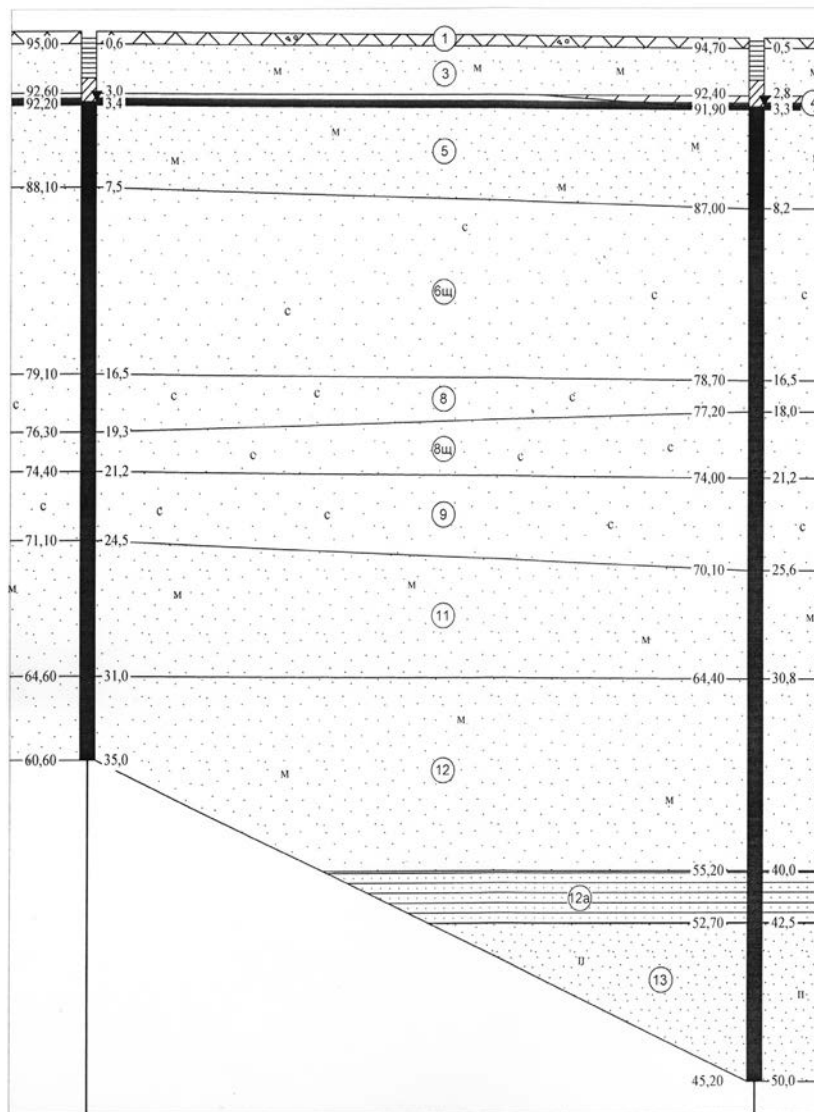


Рис. 3. Типовий інженерно-геологічний розріз на майданчику будівництва по вул. Зарічній м. Києва (1-13 – номери інженерно-геологічних елементів)

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 палі (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 палі 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 палі, 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 палі за властивостями ґрунтової основи виникає, якщо основою палі 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 палі у водонасичених пісках, супісках та суглинках, ризик зменшення величини несучої здатності палі 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) DSTU 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) DSTU-N 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 багат шарових 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. Vykonannya spetsialnykh heotekhnichnykh robit. Pali burovi (EN 1536:2010, IDT) DSTU B EN 1536:2015. – [Chynnyi vid 2016-10-01]. – Kyiv: DP «Ukrarhbudinform», 2016. – VI, 116 s. – (Natsionalnyi standart Ukrainu).

2. Nastanova shchodo provedennya zemlyanykh robit, ulashtuvannya osnov ta sporudzhennya fundamentiv: (SNyP 3.02.01-87, MOD) DSTU-N B V.2.1-28:2013. – [Chynnyi z 2014-01-01]. – Kyiv: DP «Ukrarkhbudinform», 2013. – VIII, 88 s. – (Natsionalnyi standart Ukrainu).
3. Skladannya vysnovku shchodo vidpovidnosti vlashtovanykh pal proektniy dokumentatsiyi ta rozroblennya rekomendatsiy shchodo neobkhidnosti, ob'yemiv ta mistv vyprobuvannya pal na budivnytstvi seksiy 1.6 obyektu «Zhytlovyy kompleks z obyektamy sotsialno-hromadskoho pryznachennya, parkinhamy ta blahoustroyem pamyatky pryrody «Kristerova hirka» po vul. Vyshhorodska, 45 u Podilskomu rayoni m. Kyeva [Tekst]: Zvit pro NTR / DP «Derzhavnyi naukovo-doslidnyi instytut budivelnykh konstrukttsii»; ker. Bambura A.N. - Kyiv, 2012. – 62 s. – Vyk.: Gurkivskii O.B., Kovalskiy R.K., Karpenko D.A., Kurash S.Yu. - №GR 316-2938. – Inv. № 17734.
4. Osoblyvosti vlashtuvannya buroinyektsiynykh pal velykoho diametra v bahatosharovykh hlynistykh gruntakh / [Sedin V.L., Melnyk A.M., Bikus K.M., Shykotyuk K.A.] // Zb. naukovykh pr. Ser.: haluzeve mashynobuduvannya, bud-vo. Vyp. 1 (43). – Poltava: PoltNTU, 2015. – S. 214-221.

Стаття надійшла до редакції 20.07.2017 р.