

ВИЗНАЧЕННЯ ОСАДОК ПРИ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ «ОСНОВА – ПАЛЬОВИЙ ФУНДАМЕНТ – БУДІВЛЯ» ЗА СХЕМОЮ УМОВНОГО ФУНДАМЕНТУ З ВРАХУВАННЯМ ДАНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПАЛЬ

Ковальський Р.К.

ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»
м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ: Ця стаття є продовженням досліджень, приведених в статті [1]. В роботі деталізовано методику щодо використання результатів польових випробувань паль статичним вдавлювальним навантаженням при визначенні осадок пальових фундаментів, запропоновано зміни до розрахункової схеми умовного фундаменту для можливості її використання при значних довжинах паль. Приведений приклад розрахунку будівлі.

АННОТАЦИЯ: Эта статья является продолжением исследований, приведенных в статье [1]. В статье детализировано методику по использованию результатов полевых испытаний свай статической вдавливающей нагрузкой при определении осадок свайных фундаментов, предложены изменения к расчетной схеме условного фундамента для возможности её использования при значительных длинах свай. Приведен пример расчета осадок здания.

ABSTRACT: This article is a continuation of research resulted in [1]. The article detailed methodology for the use of field trials pile static load in determining the sediment pile foundation, proposed changes to the design scheme conditional foundation for its use at considerable length piles. The examples of calculation of the building is presented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: паля, кушовий ефект, випробування паль статичним вдавлювальним навантаженням, моніторинг за деформаціями будівлі.

ВСТУП

Максимальне наближення величин розрахункових осадок будівлі до величини осадок, що безпосередньо вона отримує після її будівництва та початкової стадії експлуатації, є запорукою прийняття економічного конструктивного рішення. Так як переоцінка величин осадки будівлі та їх нерівномірність приводить до збільшення перерізу окремих елементів та/або збільшення відсотка їх армування, а також збільшення паль.

Згідно чинного нормативного документу [2], при проектуванні пальового фундаменту на стадії робочого проектування, несучу здатність паль необхідно визначати виключно за результатами випробування палі статичним вдавлювальним навантаженням. Таким чином, у проектувальника з'являються вихідні дані для можливості подальшої оцінки якості виконаних інженерно-геологічних вишукувань та величин розрахункових осадок будівлі.

Величина осадок будівлі з врахуванням осадки одиночної палі, як правило, оцінюється з врахуванням кушового ефекту. В статті величину кушового ефекту пропонується визначати з використанням схеми умовного фундаменту із змінами, що дозволяють використовувати для паль великої довжини (понад 20,0 м).

Мета статті - розробити методiku щодо визначення величини осадок системи «основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі» з врахуванням випробування паль статичним вдавлювальним навантаженням з використанням розрахункової схеми умовного фундаменту.

В останній редакції нормативного документу, що регламентує розрахунки пальових фундаментів [2], при розробці робочих креслень несучу здатність паль за властивостями ґрунтової основи необхідно приймати за даними випробування натурних паль статичним вдавлювальним навантаженням. В довідковому додатку П.1 [2], результати випробувань несучої здатності паль статичним вдавлювальним навантаженням рекомендується використовувати для визначення величин осадок одиночної палі та групи паль. При цьому до уваги не береться, яка осадка дослідної палі від прикладеного навантаження. Крім того, варто зауважити, що приведений в додатку П метод має певні обмеження:

- метод неможливо використовувати, коли величина усередненого модуля деформації ґрунтів вздовж стовбура палі більша за величину усередненого модуля деформації ґрунтів під вістрям палі (див. табл. П.1.2 додатку П [2]);

- при визначенні осідання групи паль не представлено, яким чином визначати активну зону під вістрям паль для визначення величини усередненого модуля деформації під нижнім кінцем паль.

Вищенаведених обмежень немає метод для визначення осадок паливових фундаментів за розрахунковою схемою умовного фундаменту. Проте він має наступний недолік – при значних довжинах палі (згідно чинного нормативу), а саме більше 10,0 м (згідно чинного нормативу), розміри підоснови умовного фундаменту можуть мати не виправдано значні розміри за рахунок того, що в нормативному документі відсутні умови, які б регламентували їх обмеження.

В документі [3], вказується на те, що для прогнозу осадки будівлі при використанні величини осадки одиночної палі, що отримана при випробуванні палі, для визначення осадки паливового куша необхідно використовувати коефіцієнт збільшення осадки, або іншими словами коефіцієнт кушового ефекту. При цьому приймають усереднене значення навантаження на паливовий фундамент. В той же час методики, яким чином визначати осадки будівлі з врахуванням різного навантаження на фундамент від верхньої будівлі не приведено.

МЕТОДИКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОСАДОК СИСТЕМИ «ОСНОВА – ПАЛІОВИЙ ФУНДАМЕНТ – НАДФУНДАМЕНТНА ЧАСТИНА БУДІВЛІ» З ВРАХУВАННЯМ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАННЯ ПАЛІ СТАТИЧНИМ ВДАВЛЮВАЛЬНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Як зазначалося вище, схема умовного фундаменту для визначення осадок паливового фундаменту при значній довжині палі має один суттєвий недолік – значні розміри умовного фундаменту, що в свою чергу веде до заниження осадок при розрахунку одиночної палі та завищення величини зони впливу, при розрахунку паливового фундаменту з врахуванням впливу палі одна на одну.

Такі розміри фундаменту протирічать даним досліджень, оскільки відомо, що з певної глибини об'єм ґрунту, який включається в роботу навколо палі при її осіданні майже не змінюється [4]. Іншим підтвердженням можуть слугувати результати статичного зондування ґрунту - так тиск ґрунту по бічній поверхні зонду з певної глибини для одного інженерно-геологічного елемента стає фактично однаковим.

Звертаємо увагу, що подальші викладки щодо розрахунку паливового фундаменту, будуть стосуватися підходу, при якому розглядається вплив кожної палі одна на одну. Зазначений підхід не призначений для розрахунку осадки паливового фундаменту, при якому він приймається, як єдиний умовний фундамент.

При наявності даних випробування палі статичним вдавливальним навантаженням розміри умовного фундаменту рекомендується визначити виходячи з наступного:

1) визначити середню величину експлуатаційного навантаження на палю від найбільш несприятливого РСН - $N_{ll,m}$;

2) зворотним розрахунком визначаємо розміри умовного фундаменту $b_i \times l_i$, з умови рівності величини осадки s_e , яку отримала палі при випробуваннях від величини $N_{ll,m}$, та величини осадки s_p , яка отримана розрахунковим шляхом з використанням схеми умовного фундаменту від величини $N_{ll,m}$ (вага ґрунту в межах умовного фундаменту не враховується). При цьому вважається, що в діапазоні навантажень від 0 до величини $N_{ll,m}$ залежність між осадкою палі та навантаженням буде лінійною (рис. 1);

3) при перевищенні величини від величини $N_{ll,m}$ визначення осадки палі необхідно виконувати з врахуванням нелінійних методів розрахунку.

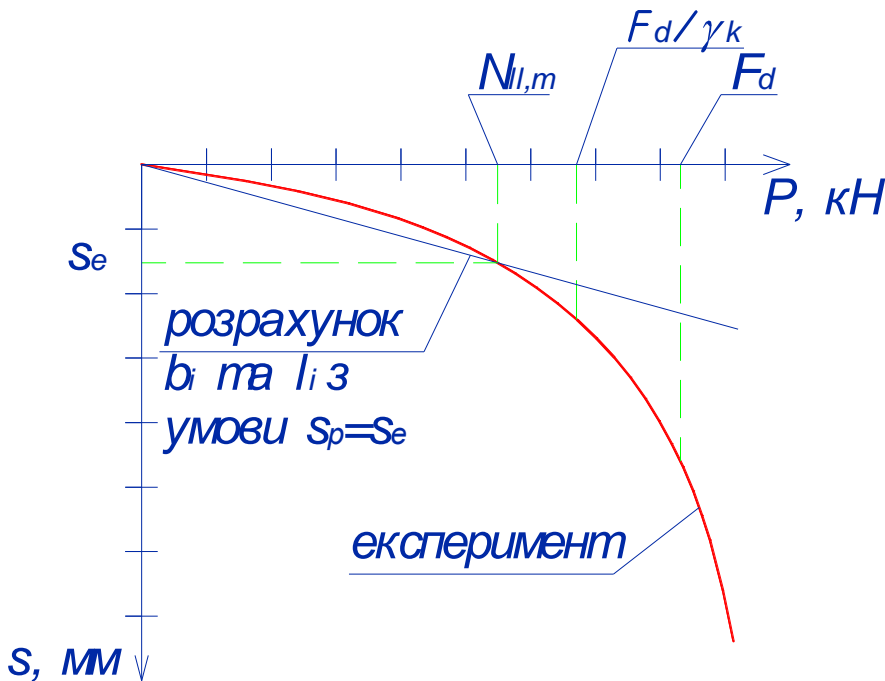


Рис. 1. Схема щодо визначення розмірів умовного фундаменту при розрахунку осадок пальового фундаменту

Після визначення розмірів умовного фундаменту палі подальші розрахунки системи «основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі» робимо в наступній послідовності:

1) виконуємо ітераційний розрахунок системи «основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі» (згідно вимог [2]) з врахуванням розмірів умовного фундаменту для кожної палі, які визначенні згідно даних випробування палі статичним вдавлювальним навантаженням. Результатом даного розрахунку є навантаження на палі N_{li} та їх осадки s_{ij} з врахуванням впливу одна на одну, внаслідок чого маємо для кожної палі коефіцієнт постелі C_{zi}^k , індекс «к» - означає, що осадки палі отримані з врахуванням кущового ефекту. Крім того, результатом розрахунку є співвідношення коефіцієнтів постелі для кожної палі;

2) визначаємо осадки s_i паль будівлі без врахування взаємного впливу від навантажень, що отримані в попередньому пункті. Результатом даного розрахунку для кожної палі отримуємо коефіцієнт постелі C_{zi} ;

3) визначаємо величину кущового ефекту для кожної палі фундаменту, як співвідношення $K = C_{zi}^k / C_{zi}$;

4) визначаємо середнє значення кущового ефекту для всіх паль

$$K_m = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (1)$$

де n – кількість паль, шт.;

5) по кривій «навантаження - осадка» для дослідної палі визначаємо осадку дослідної палі від навантажень, що отримані згідно п. 1 цієї методики, $s_{i,e}$;

6) визначаємо середнє значення осадок паль, що отримані згідно п. 5 методики, $s_{m,e}$;

7) визначаємо середнє значення осадки системи «основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі» шляхом добутку середньої осадки одиночної палі $s_{m,e}$ згідно п.6 на значення кущового ефекту K_m , що отримане згідно п. 4, тобто

$$s_m^k = s_{m,e} \times K_m. \quad (2)$$

8) перераховуємо значення коефіцієнтів постелі для системи «основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі» з врахуванням отриманої середньої осадки згідно п.7 та співвідношення коефіцієнтів постелі паль, згідно п.1. Результатом є нерівномірні осадки системи «основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі» з врахуванням результатів випробування паль статичним вдавлювальним навантаженням.

**ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ «ОСНОВА – ПАЛЬОВИЙ
ФУНДАМЕНТ – НАДФУНДАМЕНТНА ЧАСТИНА БУДІВЛІ» З
БРАХУВАННЯМ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАННЯ ПАЛЬ
СТАТИЧНИМ ВДАВЛЮВАЛЬНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ ПРИ
ВИКОРИСТАННІ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МЕТОДИКИ НА
РЕАЛЬНИХ ОБ’ЄКТАХ**

В якості прикладу розглянемо розрахунок системи "основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі" будівлі. Фізико-механічні характеристики ґрунтів основи приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики ґрунту основи

№№ ПЕ	Е, кПа модуль деф-ції	Розрахункові характеристики ґрунтів по другій групі граничних станів			Розрахункові характеристики ґрунтів по першій групі граничних станів		
		γп, кН/м ³	сп, кПа	фп, град.	γ1, кН/м ³	с1, кПа	φ1, град.
1	-	15.0	-	-	15.0	-	-
1а	-	15.9	-	-	15.5	-	-
2	4000	17.7	9	17	17.5	6	15
3а	19000	16.7	1	32	16.5	1	24
3	21000	17.0	1	32	16.8	1	28
4	7000	19.4	8	18	19.2	5	18
5	28000	19.2	2	33	19.0	1	26
5щ	50000	19.6	3	36	19.3	2	33
6	54000	19.6	1	36	19.2	1	32
6к	50000	20.2	1	36	20.0	1	28
6а	30000	19.4	1	33	19.1	1	28
7	27000	19.1	1	32	18.9	1	27
7щ	51000	19.7	1	36	19.5	1	32
8	37000	19.4	2	34	19.2	1	30
8щ	60000	19.6	3	37	19.4	2	34
8а	19000	19.5	2	29	19.2	1	26
9	66000	19.7	1	37	19.5	1	33
9а	14000	18.4	17	29	18.0	15	27
10	31000	19.8	5	34	19.6	2	28
11	80000	20.6	2	37	19.8	1	29
12	42000	20.8	3	37	20.4	2	30
12а	-	23.0	-	-	22.5	-	-
13	35000	20.4	6	33	20.0	4	31

В якості фундаментів будівлі передбачено паливий фундамент на буровісційних палях, діаметром 620 мм. Запроектовано 2 типи паль ПБ1 та ПБ2. Палі ПБ1 мають довжину 19,75 м. Проектна відмітка положення низу паль ПБ1 74.50, верху паль – 94.25. Кількість паль складає 277 шт. Палі ПБ2 розташовані в центральній частині секції 003, де запроектовано ліфтові шахти. Після зрубки на 1,3 м зі збереженням арматурного каркасу, палі ПБ2 мають довжину 18,45 м. Проектна відмітка положення низу паль ПБ2 74.50, верху паль – 92.95. Кількість паль складає 29 шт.

Основою для паль слугують ПГЕ-9 щільний пісок середньої крупності, з прошарками дрібного, та ПГЕ-8щ – пісок середньої крупності, сірий, з прошарками крупного, щільний, насичений водою.

Середнє експлуатаційне навантаження на палю складає 1672 кН.

На рис. 2 показана схема розташування паль.

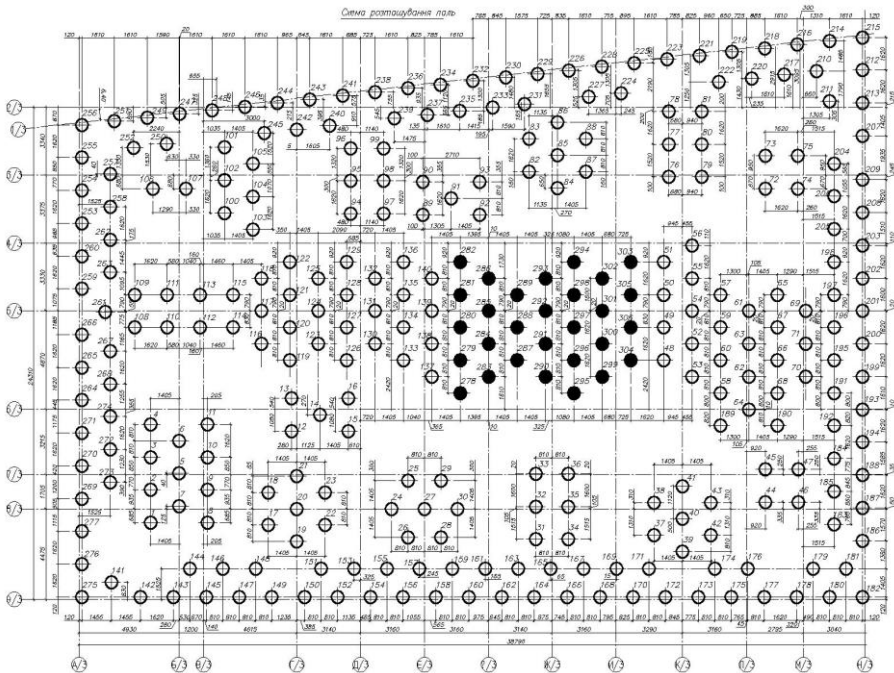


Рис. 2. План-схема паливого поля будівлі

На майданчику проведено випробування двох куців паль. На рис. 3 приведено графік залежності "навантаження - осадка" для палі, що показала меншу несучу здатність за результатами випробування.

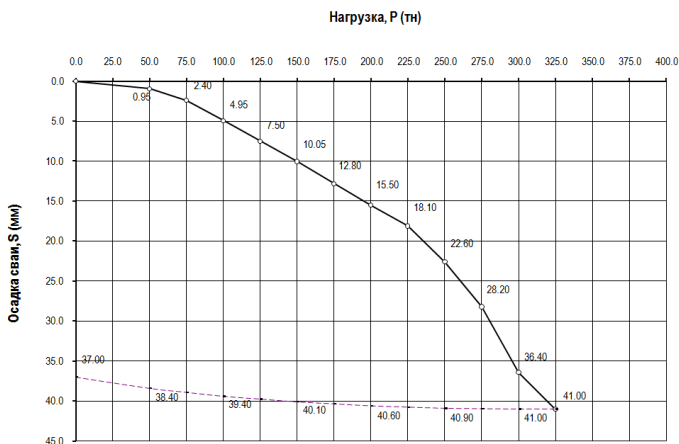


Рис. 3. Залежність "навантаження - осадка" для дослідної палі

Усереднене експлуатаційне навантаження на палю від найбільш несприятливого РСН складає 1672 кН, згідно рис. 3 осадка палі при такому навантаженні рівна $s_{m,e}=11,94$ мм.

Усереднене значення кута внутрішнього тертя вздовж бічних поверхонь палі складає $33,80^\circ$, тоді при класичному підході розміри умовного фундаменту однієї палі складуть 6,5х6,5 м.

Розміри умовного фундаменту з врахуванням запропонованої методики складуть 1,59х1,59 м.

Враховуючи, обмеження на об'єм статті, опускаємо дані розрахунків згідно п. 1-3 та 4-6, 8.

Середнє значення величини кушового ефекту склало $K_m=8,7$. Тоді середнє значення осадки будівлі з врахуванням кушового ефекту складе $s_m^k=11,84 \times 8,7=103,00$ мм.

На рис. 4 та 5 приведено величини осадок ростверку будівлі за запропонованою методикою та згідно положень, що приведені в ДБН для схеми умовного фундаменту. Як видно з рис. 4 та 5, осадки будівлі за запропонованою методикою приблизно на 30% менші, ніж при класичному підході. Крім того, видно зменшення зони впливу палі одна на одну.

За деформаціями будівлі передбачено моніторинг. Після зведення будівлі та початкового етапу експлуатації буде виконана верифікація приведенного методу розрахунку.

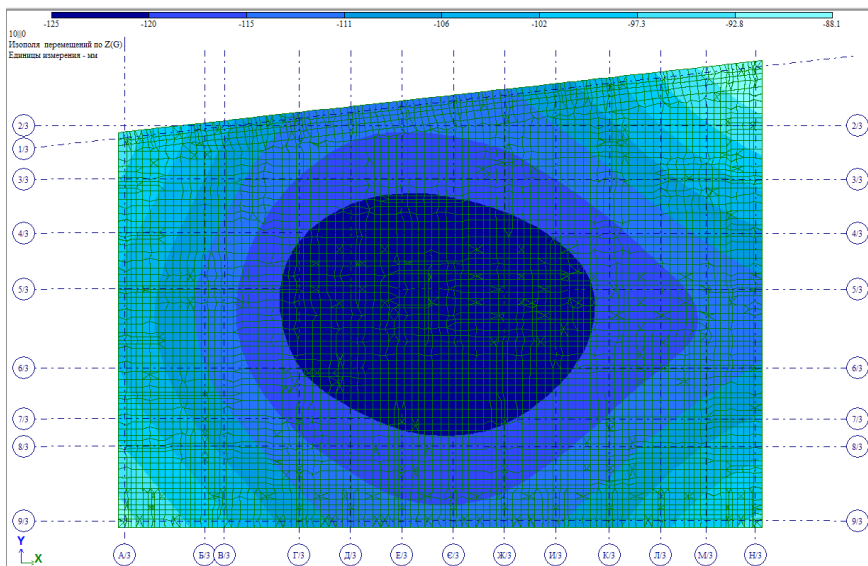


Рис. 4. Осадка плитного ростверку згідно запропонованої методики

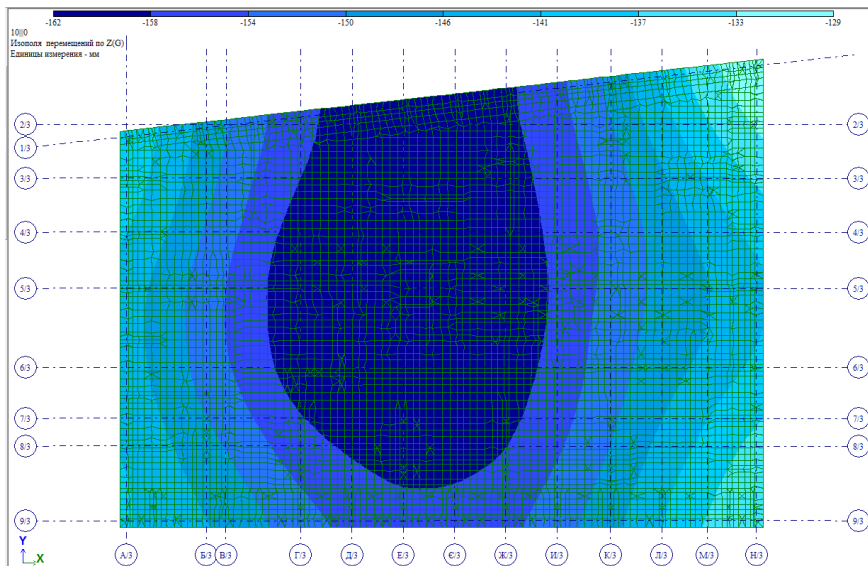


Рис. 5. Осадка плитного ростверку згідно методики представленої в ДБН

ВИСНОВКИ

1. Використання результатів випробування паль дає можливість отримати розміри умовного фундаменту, що відповідають виявленим фізичним закономірностям, а саме, що з певної глибини масив ґрунту, який включається в роботу біля бічної поверхні, має постійну величину.

2. Величини осадок будівлі, що порашовані за схемою умовного фундаменту, з врахуванням результатів випробування паль до 30...80% менші за величини осадок, отриманих при використанні методу, який закладений в чинний ДБН. Відомо, що натурні осадки будівлі на пальових фундаментах в більшості випадків значно менші, ніж порашовані згідно методу, що закладений в ДБН для схеми умовного фундаменту.

3. Приведена методика буде апробовуватися на реальних об'єктах з врахуванням їх моніторингу – визначення вертикальних деформацій.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Ковальський Р.К. Визначення осадок системи «основа – пальовий фундамент – надфундаментна частина будівлі» з врахуванням даних випробувань паль / Ковальський Р.К. // Світ геотехніки. - 2014. - №4. - С. 26-30.
2. Основи та фундаменти споруд. Зміна №1: ДБН В.2.1-10-2009. – [Чинні від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с. – (Будівельні норми України).
- 3 Основания, фундаменты и подземные сооружения: МГСН 2.07-01. – М., 2003. – 109 с.
- 4 Малишев О.В. Осідання одиноких вдавлювальних паль / Малишев О.В. // 36. наук. праць. - Полтава: ПолтНТУ. - Вип. 4 (34). Т2. – 2012. - С. 138-143.

REFERENCES

1. Koval's'kij R.K. (2014). Vuznachennya osadok systemu "osnona – palovuj fundament – nadfundamentna chastuna budivlu" z vrahuvannyam danuh vuprobuvan pal [Determining sediment system "foundation - pile foundation - on Base of building" with regard to test data piles]. [World geotechnics]. Kiev, 2014. vol4 . - pp. 26-30.
2. Zmina №1. Osnovu ta fundamentu sporud [Change №1. Basis and foundations of buildings]. DBN V.2.1-10-2009 from 01st July 2009. Kiev [in Ukrainian].
3. Osnovania, fundamentu i podzemne sooruzenia [Grounds , foundations and underground structures]. (2003). MGSN 2.07-01. Moscow, 103 p.
4. O.V. Malushev. Osidannya odunokuh vdavluvalnuh pal [Subsidence single piles that pressed]. (2012). [Collected Works], Poltava, vol. 4(34), pp. 138-143 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 08.06.2016 р.