

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАННЯ ПАЛІ ЗА РОЗРАХУНКОВОЮ СХЕМОЮ УМОВНОГО ФУНДАМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано порівняльні розрахунки осідання забивних та бурових палі за методиками українських норм. Показано, що в більшості випадків теоретичні методики дають завищене значення деформацій, а для бурових палі у піщаних ґрунтах – занижене значення. Для удосконалення результатів розрахунків осідання палі за розрахунковою схемою умовного фундаменту рекомендується в якості модуля деформації під нижнім кінцем палі приймати не природний модуль деформації за результатами інженерно-геологічних вишукувань, а значення приведенного модуля деформації, визначеного за рекомендаціями методики стержня в пружному півпросторі.

Ключові слова: паля, осідання, умовний фундамент, пружне середовище

Annotation

Comparative calculations of sedimentation of driven and drilling piles according to the methods of Ukrainian norms were performed. It is shown that in most cases theoretical methods give an overestimated value of deformations, and for drilling piles in sandy soils - an underestimated value. To improve the results of calculations of settling piles according to the estimated scheme of the conditional foundation, it is recommended as a deformation module under the lower end of the pile not to take the natural deformation module according to the results of engineering and geological surveys, but the value of the reduced deformation module, determined by the recommendations of the semi-continuous methods.

Keywords: piles, sediment, conditional foundation, resilient environment

Вступ

Чинними українськими нормами [1] рекомендовано два методи розрахунку осідання палі: метод стержня в пружному півпросторі та метод умовного фундаменту, причому метод умовного фундаменту рекомендується використовувати для забивних палі довжиною до 10...12 м.

Метод стержня в пружному півпросторі враховує нелінійний характер деформацій основи палі за межами межі пропорційності, метод умовного фундаменту заснований на пружній моделі ґрунту незалежно від прикладеного навантаження. Перевагою методу стержня в пружному півпросторі є також врахування деформацій ствола палі при дії стискуючого навантаження.

Проведене раніше дослідження [2] існуючих в нормах методик розрахунку осідань палі і порівняння їх результатів з даними статичних випробувань палі в натурних умовах показало, що обидва рекомендованих нормами методи мають ряд суттєвих недоліків.

Аналіз використання метода стержня в пружному півпросторі показав, що добру збіжність з результатами натурних випробувань він дає як раз для забивних палі довжиною до 10 м. Для бурових палі, особливо великої довжини, метод дає суттєво завищені значення, якщо базується на теоретичному значенні допустимого навантаження на палю F_d .

Метод умовного фундаменту переважно дає завищені значення осідань на початкових стадіях навантаження палі, але при наближенні до граничного значення навантаження дає прийнятні для практики прогнози величини осідання. Недоліком методу є те, що при відсутності дослідних даних статичного випробування палі граничне значення навантаження визначається доволі приблизно з імовірною значною похибкою. Слід відзначити, що для довгих палі, розташованих у піщаних ґрунтах, метод умовного фундаменту дає занижені значення.

У даній роботі поставлена задача проаналізувати можливість удосконалення розрахунків осідання палі за розрахунковою схемою умовного фундаменту з використанням певних напрацювань методу стержня в пружному півпросторі.

Результати дослідження

При вирішенні поставленої задачі були використані результати статичних випробувань бурових, буроін'єкційних, забивних та вдавлюваних паль, виконаних у Науково-дослідному інституті будівельного виробництва, Науково-дослідному інституті будівельних конструкцій м. Київ, ЧП «Реґіонспецбуд» м. Харків та матеріали дисертаційної роботи Преснякова О. Б. [3]. Розглянуті результати натурних випробувань 4 бурових паль, 3 буроін'єкційних, 2 забивних паль та 4 вдавлюваних паль з 12-ти різних майданчиків. Райони випробувань знаходяться в таких містах: м. Київ, с. Чайка Київської області та м. Харків. Майданчики мали різні ґрунтові умови з спіранням паль як на піщані, так і на глинисті ґрунти. Випробовувались палі різної довжини. Довжини паль знаходяться в діапазоні від 5,5 до 33,4 м. Діаметр ствола паль знаходиться в межах від 0,35 м до 0,83 м, одна з бурових паль має розширення в зоні нижнього кінця. Забивні палі мають переріз 0,3x0,3 м, вдавлювані палі - 0,3x0,3 та 0,35x0,35 м. Геометричні параметри паль та відомості про ґрунти під нижнім кінцем та по бічній поверхні наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Вид паль, геометричні параметри паль та відомості про ґрунти під нижнім кінцем та по бічній поверхні

№ дослід.	Майданчики розміщення дослідних паль	Параметри паль			Ґрунт під нижнім кінцем палі	Ґрунти по бічній поверхні палі
		вид палі	довжин а, м	діаметр або сторона, м		
1	м. Київ, Печерський р-он, Спортивна площа, ІС-1	Бурова з розширенням	33,4	0,83 1,60	Глина, $I_L = 0,17$; $E = 22$ МПа	Пісок пил., суглинок, пісок сер.
2	“ ІС-2	Бурова	10,8	0,83	Пісок пил., щільний, $E = 20$ МПа	Суглинок, пісок сер.
3	Київська обл., м. Бобровиця, ІС-1	Бурова	10,0	0,35	Супісок з вкл. жорстви, $I_L = 0,76$; $E = 25$ МПа	Супісок, суглинок
4	Київська обл., с. Чайка	Бурова	20,0	0,62	Пісок сер. крупн., $E = 35$ МПа	Пісок сер. крупн.
5	м. Київ, Печерський р-он, вул. Мечникова	Буроін'єкцій на	23,0	0,62	Глина, $I_L = 0,11$; $E = 30$ МПа	Супісок, пісок пил., суглинок
6	м. Київ, Голосіївський р-он, вул. Трутенко, ІС-1	Буроін'єкцій на	16,0	0,62	Глина тверда, $I_L < 0$; $E = 20$ МПа	Супісок, пісок дрібн.
7	м. Київ, Дарницький р-он, вул. Григоренко, ІС3-3	Буроін'єкцій на	16,0	0,62	Пісок різнозерн., щільний, $E = 32$ МПа	Пісок пилуватий
8	м. Харків, пров. Рогатинський, ОЗС 3	Забивна	8,4	0,3x0,3	Глина, $I_L = 0,17$; $E = 14$ МПа	Суглинок, пісок дрібн.
9	м. Київ, Дарницький р-он, вул. Бажана, ІС3-3	Забивна	9,85	0,3x0,3	Пісок дрібний, $E = 29$ МПа	Пісок дрібний
10	Київ, вул. Фізкультури, майд. №2, паля 3	Вдавлювана	8,0	0,3x0,3	Пісок дрібний, сер. щільн. $E = 17$ МПа	Суглинок
11	Київ, вул. Тургенівська, майд. №9, паля №1	Вдавлювана	16,6	0,35x0,35	Пісок дрібний, сер. щільн. $E = 25$ МПа	Суглинок, супісок
12	м. Київ, вул. Вербова, майд. №5, паля №1	Вдавлювана	5,5	0,3x0,3	Пісок дрібний, сер. щільн. $E = 24$ МПа	Пісок дрібний, супісок
13	Київ, вул. Бориспільська, майд. №1, паля №3	Вдавлювана	8,0	0,35x0,53	Пісок дрібний, сер. щільн. $E = 20$ МПа	Пісок дрібний

За результатами випробувань та розрахунків будувались графіки осідання-навантаження для всіх дослідних паль.

Однією з переваг методу стержня в пружному півпросторі при визначенні осідання паль є врахування різної стисливості ґрунту вздовж бічної поверхні та під її п'ятою, а також впливу на осідання розподілу зусиль між бічною поверхнею та п'ятою палі [1].

Результатом врахування цих впливів є визначення приведенного модуля деформації ґрунту за формулою (П.1.3) норм [1]

$$E = (1 - b)k_f E_f + k_p b E_p. \quad (1)$$

У формулі за рахунок введення коефіцієнтів умов роботи вздовж бічної поверхні та під нижнім кінцем палі враховується також вплив способу улаштування палі.

В залежності від означених факторів приведений модуль деформації може виявитися більшим або меншим від модуля деформації ґрунту під п'ятою палі.

Так, для забивних та вдавлених паль в однорідних ґрунтах приведений модуль деформації більше за модуль деформації ґрунту основи, а для бурових паль – менше. У неоднорідних ґрунтах на величину приведенного модуля деформації впливає співвідношення модулів деформації ґрунтів під нижнім кінцем та по бічній поверхні.

Враховуючі недоліки методу стержня в пружному півпросторі при відсутності результатів статичних випробувань паль, можна рекомендувати використовувати методику визначення осідання паль за розрахунковою схемою умовного фундаменту, але при цьому в якості модуля деформації під нижнім кінцем палі в межах глибини $4d$ приймати не природний модуль деформації за результатами інженерно-геологічних вишукувань, а значення приведенного модуля деформації, визначеного за рекомендаціями методики стержня в пружному півпросторі.

Для перевірки цієї пропозиції для групи досліджуваних паль був виконаний розрахунок осідання за розрахунковою схемою умовного фундаменту з використанням значення приведенного модуля деформації.

Результати розрахунків наведені у таблиці 2 та на рис. 1 - 4.

Аналіз результатів розрахунків показує, що для більшості випадків застосування приведенного модуля деформації наближає результати розрахунків до фактично замірених осідань. Зокрема, для довгих паль, розташованих у піщаних ґрунтах (дослідні палі № 4 та 7), де метод умовного фундаменту дає занижені значення, застосування приведенного модуля деформації збільшує величину осідання. Для забивних паль № 8, а також для вдавлених паль (дослідні палі № 10 -13), де метод умовного фундаменту давав надто завищені значення, застосування приведенного модуля деформації зменшує величину осідання.

Виключення складають випадки деяких бурових паль, для яких не спостерігається ефект наближення результатів розрахунків до фактично замірених осідань, але зміни можна вважати несуттєвими.

Отже, запропонований спосіб удосконалення методики визначення осідання паль за розрахунковою схемою умовного фундаменту можна рекомендувати проектувальникам.

Висновки

1. Осідання одиночних паль під дією навантаження, рівного несучій здатності ґрунту її основи F_d , визначені за рекомендаціями чинних норм, у більшості випадків перевищують дослідні на величину 20 -200%. Для довгих паль на піщаних ґрунтах теоретичні значення осідань занижені.

2. Характер кривих розрахункових осідань, отриманих за рекомендаціями чинних норм, за виключенням методу стержня в пружному півпросторі, лінійний, що не відповідає дійсному графіку осідань. Така невідповідність може призвести до значних похибок у визначенні деформованого стану споруд.

3. Для удосконалення результатів розрахунків осідання паль за розрахунковою схемою умовного фундаменту рекомендується в якості модуля деформації під нижнім кінцем палі в межах глибини $4d$ приймати не природний модуль деформації за результатами інженерно-геологічних вишукувань, а значення приведенного модуля деформації, визначеного за рекомендаціями методики стержня в пружному півпросторі. Для більшості випадків застосування приведенного модуля деформації наближає результати розрахунків до фактично замірених осідань.

Таблиця 2 - Результати порівняльних розрахунків осідання паль за розрахунковою схемою умовного фундаменту з використанням значення природного та приведенного модуля деформації під нижнім кінцем

дослід	Майданчики розміщення дослідних паль	Грунт під нижнім кінцем палі	Грунти по бічній поверхні палі	Приведений модуль деформації під нижнім кінцем палі, МПа	Осідання палі при навантаженні, що дорівнює несучій здатності, визначеній теоретично ($\frac{F_d}{F_d / 1,4}$), мм		
					при натурних випробуваннях	за методом умовного фундаменту при природному модулі деформації	за методом умовного фундаменту приведеному модулі деформації
Бурові палі							
1	м. Київ, Печерський р-он, Спортивна площа, ІС-1 (l=33,4 м; d = 0,83/1,60 м)	Глина, I _L =0,17; E = 22 МПа	Пісок пил., суглинок, пісок сер.	19,2	<u>23,0</u> 8,0	<u>21,0</u> 10,0	<u>22</u> 11,5
2	ІС-2 (l=10,8 м; d = 0,83м)	Пісок пил., щільний, E=20МПа	Суглинок, пісок сер.	18,3	<u>4,2</u> 2,0	<u>5,0</u> 2,4	<u>5,1</u> 2,5
3	Київська обл., м. Бобровиця, ІС-1 (l=10,0 м; d = 0,35 м)	Супісок з вкл. жорстви, I _L =0,76; E = 25 МПа (через 2,0 м E=8,2 МПа)	Супісок, суглинок	15,2	<u>2,4</u> 0,8	<u>4,5</u> 2,5	<u>5,8</u> 3,2
4	Київська обл., с. Чайка (l=20,0 м; d = 0,62 м)	Пісок сер. крупн., E=35МПа	Пісок сер. крупн.	31,7	<u>20,0</u> 12,0	<u>6,0</u> 3,0	<u>6,8</u> 3,5
Буроін'єкційні палі							
5	м. Київ, Печерський р-он, вул. Мечникова, ІС-2 (l=23,0 м; d = 0,62 м)	Глина, I _L =0,11; E = 30 МПа	Супісок, пісок пил., суглинок	27,4	<u>5,0</u> 2,8	<u>10,5</u> 5,4	<u>11,5</u> 6,3
6	м. Київ, Голосіївський р-он, вул. Трутенко, ІС-1 (l=16,0 м; d = 0,62 м)	Глина тверда, I _L < 0; E = 20 МПа	Супісок, пісок дрібн.	28,6	<u>3,0</u> 1,8	<u>18,5</u> 13,5	<u>13,0</u> 9,1
7	м. Київ, Дарницький р-он, вул. Григоренко, ІС3-3 (l=16,0 м; d = 0,62 м)	Пісок різнозерн., щільний, E=32 МПа	Пісок пилуватий	29,0	<u>40,0</u> 21,5	<u>10,1</u> 7,5	<u>10,8</u> 7,9

Продовження таблиці 2

дослід	Майданчики розміщення дослідних палів	Грунт під нижнім кінцем палі	Грунти по бічній поверхні палі	Приведений модуль деформації під нижнім кінцем палі, МПа	Осідання палі при навантаженні, яке дорівнює несучій здатності, визначеній теоретичним шляхом ($\frac{F_d}{F_d / 1,4}$), мм		
					при натурних випробуваннях	за методом умовного фундаменту при природному модулі деформації	за методом умовного фундаменту при приведеному модулі деформації
Забивні палі							
8	м. Харків, пров. Рогатинський, ОЗС 3 (l = 8,4 м; d = 0,3x0,3 м)	Глина, I _L = 0,17; E = 14 МПа	Суглинок, пісок дрібн.	31,3	<u>40,0</u> 6,2	<u>19,3</u> 13,0	<u>13,8</u> 9,2
9	м. Київ, Дарницький р-он, вул. Бажана, ИСЗ-3 (l = 9,85 м; d = 0,3x0,3 м)	Пісок дрібний, E = 29 МПа	Пісок дрібний	37,9	<u>12,0</u> 5,6	<u>6,8</u> 4,7	<u>6,1</u> 4,2
Вдавлювані палі							
10	м. Київ, вул. Фізкультури, майд. №2, паля №3 (l = 8,0 м; d = 0,3x0,3 м)	Пісок дрібний, сер. щільн. E = 17 МПа	Суглинок	18,3	<u>1,0</u> 0,5	<u>11,5</u> 8,0	<u>10,9</u> 6,4
11	м. Київ, вул. Тургенівська, майд. №9, паля №1 (l = 16,6 м; d = 0,35x0,35 м)	Пісок дрібний, сер. щільн. E = 25 МПа	Суглинок, супісок	24,6	<u>8,5</u> 630	<u>11,0</u> 7,0	<u>11,1</u> 7,1
12	м. Київ, вул. Вербова, майд. №5, паля №1 (l = 5,5 м; d = 0,3x0,3 м)	Пісок дрібний, сер. щільн. E = 24 МПа	Пісок дрібний, супісок	31,6	<u>2,3</u> 1,4	<u>7,5</u> 5,7	<u>7,0</u> 5,0
13	м. Київ, вул. Бориспільська, майд. №1, паля №3 (l = 8,0 м; d = 0,35x0,35 м)	Пісок дрібний, сер. щільн. E = 20 МПа	Пісок дрібний	28,9	<u>2,6</u> 0,6	<u>8,8</u> 6,2	<u>7,5</u> 5,1

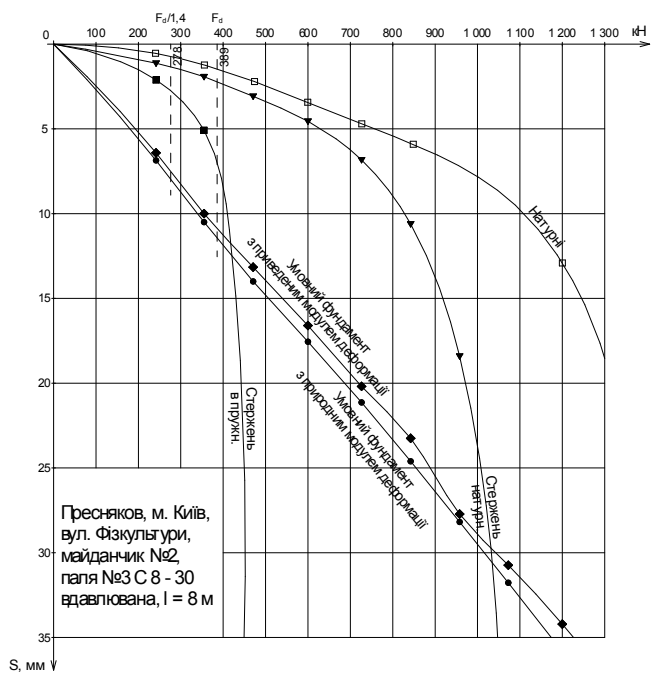
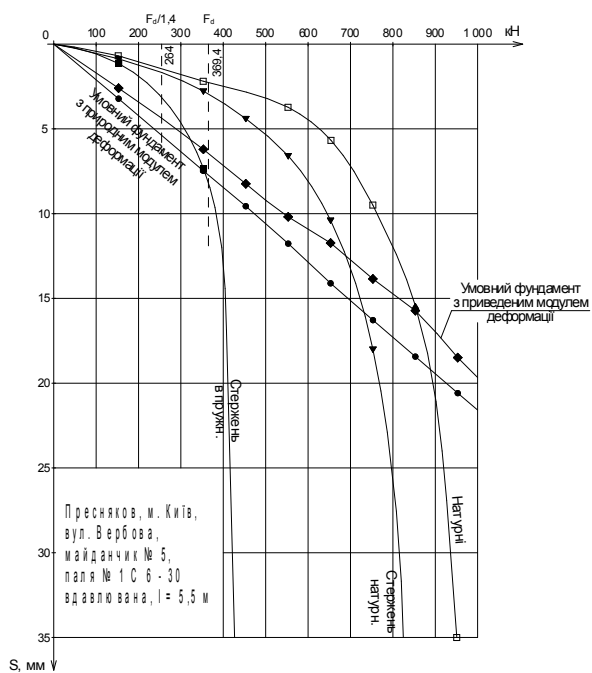
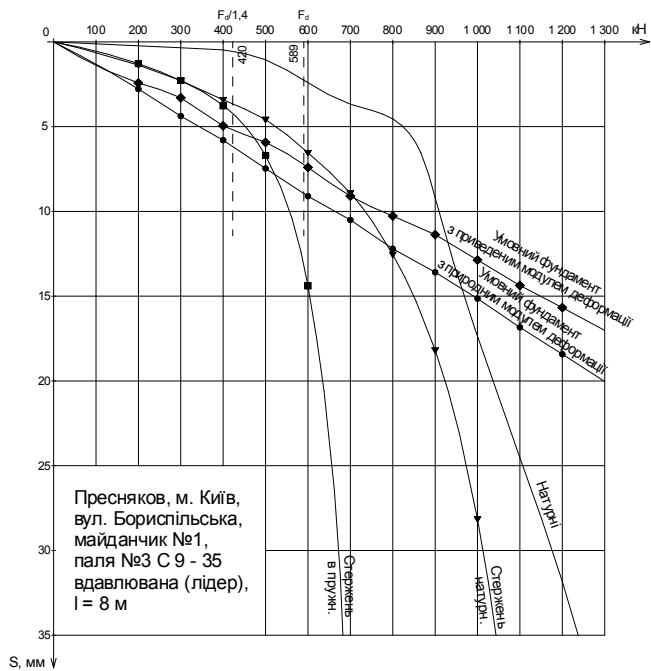
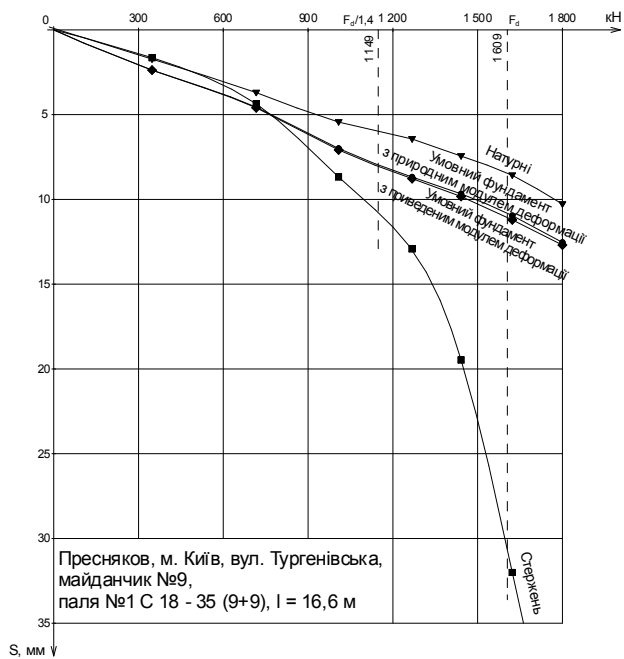


Рис. 1 - Залежність осідання – навантаження за розрахунковою схемою умовного фундаменту з використанням значення природного та приведенного модуля деформації під нижнім кінцем для вдавлюваних паль

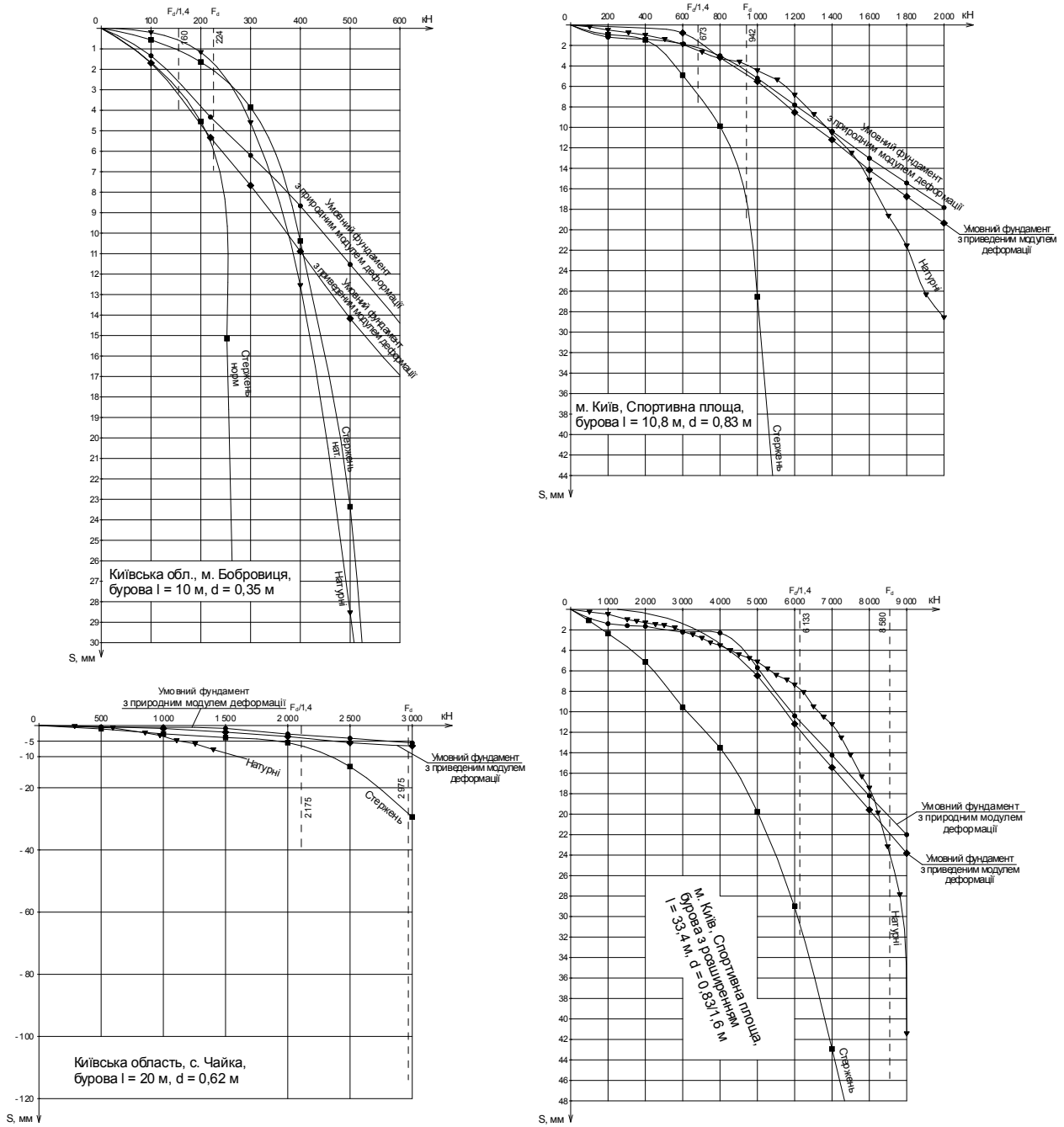


Рис. 2 - Залежність осідання – навантаження за розрахунковою схемою умовного фундаменту з використанням значення природного та приведенного модуля деформації під нижнім кінцем для бурових паль

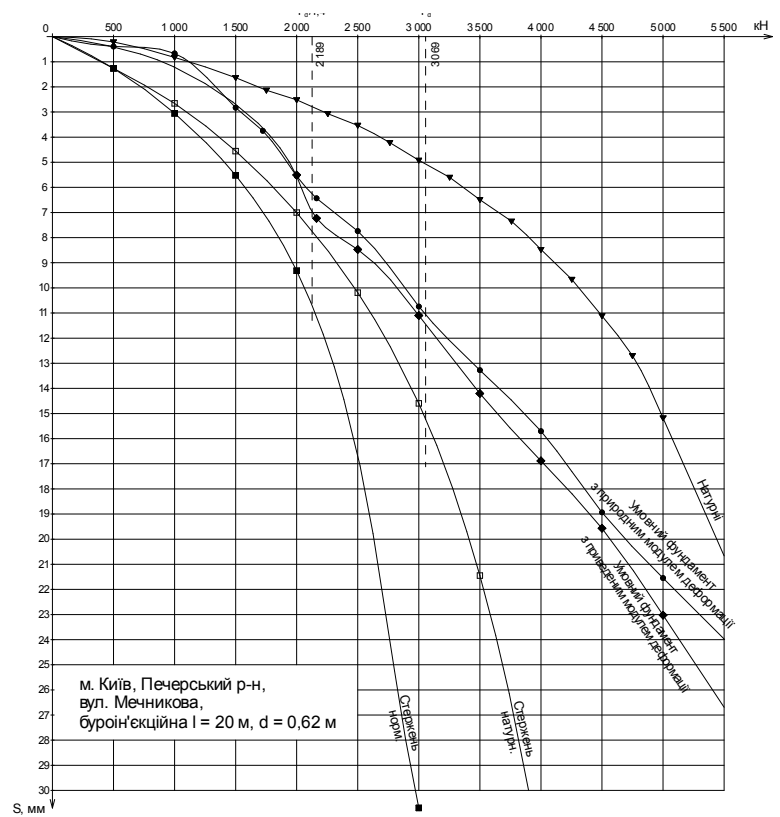
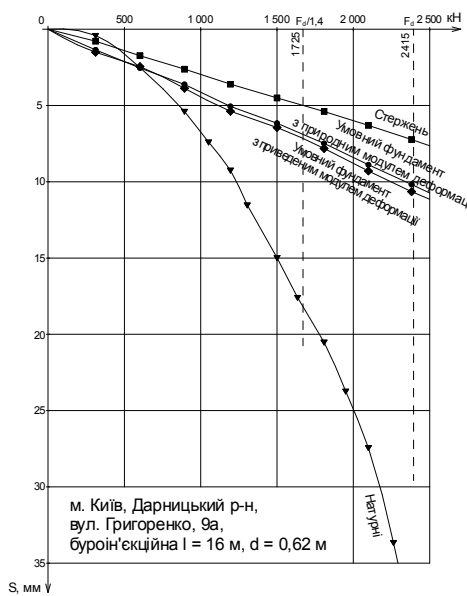
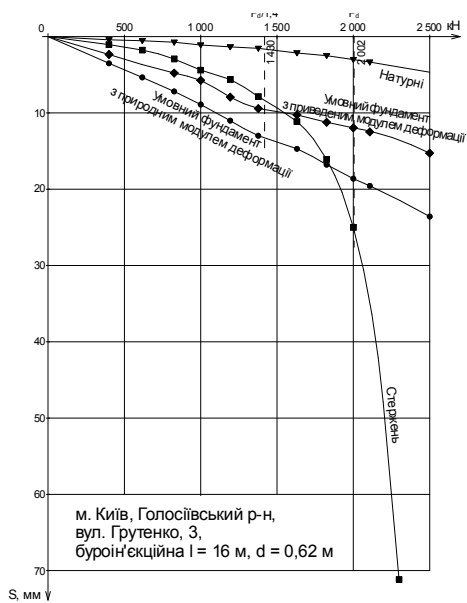


Рис. 3 - Залежність осідання – навантаження за розрахунковою схемою умовного фундаменту з використанням значення природного та приведенного модуля деформації під нижнім кінцем для бурін'єкційних паль

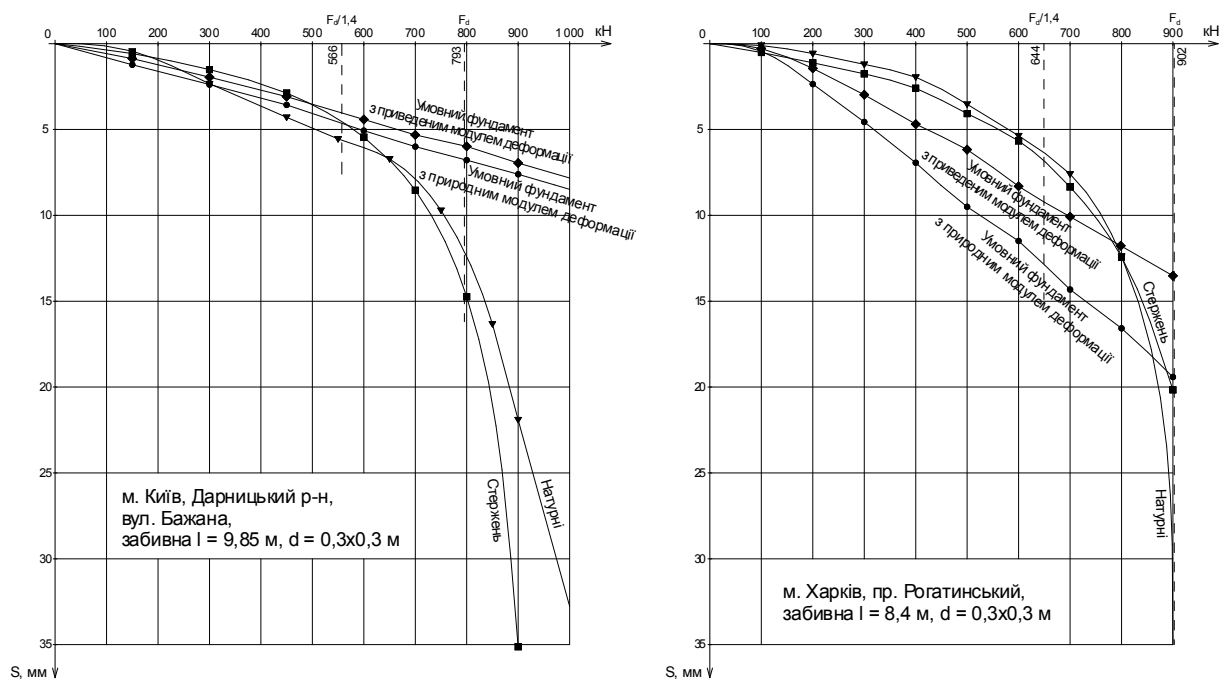


Рис. 4 - Залежність осідання – навантаження за розрахунковою схемою умовного фундаменту з використанням значення природного та приведенного модуля деформації під нижнім кінцем для забивних паль

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи та фундаменти споруд: ДБН В.2.1-10-2009 зі зміною №1 та №2. - [Чинний від 2012-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с. – (Національні стандарти України).
2. Шевчук В.В., Маєвська І.В. Порівняльний аналіз різних методик визначення осідання паль / *Енергоефективність в галузях економіки України*. Тези доповіді міжнародн. н/т конф. (Вінниця, 12-14 листопада 2019 р.), Вінниця, ВНТУ, 2019, URL:
3. Пресняков О. Б. Несуча здатність вдавлених паль у піщаних та глинистих ґрунтах: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / Київський національний університет будівництва і архітектури, 2004. 222 с.

Шевчук Василь Васильович — магістрант гр. Б-18мі, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет. Вінниця, e-mail: vyryss2009@ukr.net.

Науковий керівник: **Ірина Вікторівна Маєвська** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: irina-mayevskaja@gmail.com.

Vasyl Shevchuk - Master hr. B-18mi, Department of construction of thermal power and gas, Vinnytsia National Technical University.

Supervisor **Irina V. Majewska** - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa.