

Н. В. Блащук
І. В. Маєвська
О. Ю. Шмундяк
М. В. Перебийніс

РІЗНИЦЯ В РОБОТІ БУРОВИХ І ЗАБИВНИХ ПАЛЬ У СКЛАДІ СТРІЧКОВОГО ПАЛЬОВОГО ФУНДАМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

Виконано порівняльний аналіз результатів математичного моделювання стрічкового пальового фундаменту із забивних та бурових паль при однорядному та дворядному розташуванні паль з різним поздовжнім кроком і різною довжиною в різних видах ґрунту.

Встановлено, що ступінь реалізації несучої здатності палі і ростверку у складі стрічкового пальового фундаменту залежить не тільки від відносної довжини і кроку паль, а і від способу їх влаштування. Врахування реальної роботи паль і ростверку у складі пальового фундаменту дозволяє підвищувати несучу здатність пальового фундаменту в цілому і відповідно економити матеріальні та трудові ресурси під час проведення будівельних робіт.

На основі результатів дослідження встановлено різницю у роботі бурових та забивних паль у складі стрічкового пальового фундаменту. Несуча здатність низького ростверку в складі стрічкового пальового фундаменту на бурових палях у 1,5-2 рази більша ніж у пальових фундаментах із забивних паль. Ступінь реалізації несучої здатності палі у складі пальового фундаменту суттєво більший для фундаментів з бурових паль у порівнянні з фундаментами з забивних паль. Для фундаментів з забивних паль при кроці $3d - 6d$ палі у складі стрічки реалізують свою несучу здатність не повністю. Групи з бурових паль підвищують свою несучу здатність, працюючи у групі, навіть, при мінімальному кроці.

Оскільки пальові фундаменти з бурових паль значно більш інтенсивно підвищують свою несучу здатність за рахунок спільної роботи їх елементів під навантаженням у порівнянні з пальовими фундаментами з забивних паль, то при врахуванні цієї спільної роботи пальові фундаменти з бурових паль стають конкурентоспроможними з аналогічними фундаментами з забивних паль.

Ключові слова: стрічковий пальовий фундамент, ґрунтова основа, забивна паля, бурова паля, ростверк, перерозподіл навантаження, частка ростверку.

Вступ

В Україні поширюється використання бурових паль, які мають переваги універсальності щодо ґрунтових умов, можливих геометричних параметрів, величини навантаження, що сприймається палею, відсутності динамічних впливів під час влаштування. Але безперечні переваги такі палі мають поки що тільки при значних навантаженнях, коли забивні палі не можуть бути влаштовані. При навантаженнях середнього діапазону такі палі часто програють за техніко-економічними показниками. Це пов'язано з меншим навантаженням на одиницю витраченого матеріалу, яке може сприйняти одиночна бурова паля, у порівнянні з забивною або вдавленою внаслідок відсутності ущільнення ґрунту в навколопальовому просторі під час влаштування.

Оскільки проектування фундаментів у вигляді груп паль здійснюється на основі визначення граничного опору одиночної палі, то при однаковому навантаженні для фундаменту з бурових паль потрібна більша кількість матеріалів. Але дослідженнями встановлено, що при роботі паль у групі відбувається покращення умов їх роботи, так званий позитивний куцшовий ефект.

Покращення умов роботи паль у складі фундаментів можна пояснити включенням у роботу низького ростверку, а також тим, що за рахунок додаткових напружень по бічній поверхні і в рівні нижнього кінця паль, спричинених навантаженням від ростверку і взаємним впливом паль, створюється ефект «обтиснення» ствола палі, що збільшує тертя по бічній поверхні і опір під нижнім кінцем палі. Таким чином не тільки ґрунт під ростверком додає опору вертикальним навантаженням, а і палі у складі фундаменту краще себе реалізують.

На теперішній час відсутні методи визначення граничного опору пальових груп, які враховують взаємодію паль між собою та з низьким ростверком через ґрунт, особливо це стосується стрічкових пальових фундаментів, а також фундаментів з бурових паль, для яких є дуже незначна кількість досліджень.

Створення адекватних методів визначення граничного опору стрічкового пальового фундаменту з врахуванням взаємної роботи всіх елементів і способу влаштування паль може підвищити ефективність і надійність проектних рішень, тому тема дослідження є актуальною.

У цій статті поставлена задача дослідити напружено-деформований стан стрічкового пальового фундаменту з забивних та бурових паль шляхом математичного моделювання систем пальовий фундамент-основа за допомогою програмного комплексу Plaxis 3D Foundation.

Математичне моделювання

На першому етапі для кількісної оцінки роботи ростверку у складі стрічкового пальового фундаменту було виконане дослідження напружено деформованого стану основи пальового фундаменту з однорядним розташуванням паль.

Моделльні експерименти розділено на такі підгрупи:

I – моделювання роботи стрічкового однорядного пальового фундаменту довжиною 11.3 м на однорідній піщаній основі, що влаштовані без виймання та з вийманням (довжина паль 9 м) ґрунту. Характеристики піщаного ґрунту: пісок дрібний, $\gamma = 18,7$ кН/м³, $c = 2$ кПа, $\varphi = 32^\circ$, $\nu = 0,3$, $E = 28$ МПа;

II – моделювання роботи стрічкового однорядного пальового фундаменту на однорідній основі (глинистий ґрунт), що влаштовані без виймання та з вийманням ґрунту (довжина паль 9 м). Характеристики глинистого ґрунту: суглинок, $\gamma = 18,7$ кН/м³, $c = 23$ кПа, $\varphi = 21^\circ$, $\nu = 0,35$, $E = 14$ МПа;

III - моделювання роботи одиночних паль довжиною 6, 9 та 12 м та стрічкового фундаменту мілко закладання розмірами 0,5×11,3 м у піщаному та глинистому ґрунті відповідно.

На другому етапі досліджень було виконане математичне моделювання роботи під навантаженням дворядних стрічкових пальових фундаментів з забивних та бурових паль в програмному комплексі Plaxis 3D Foundation:

I - моделювання роботи стрічкового дворядного пальового фундаменту на однорідній піщаній основі при сталій відстані між рядами паль 5d для паль, що влаштовані без виймання ґрунту. Характеристики піщаного ґрунту: $\gamma = 18,7$ кН/м³, $c = 1$ кПа, $\varphi = 36^\circ$, $E = 32$ МПа;

II - моделювання роботи стрічкового дворядного пальового фундаменту на однорідній піщаній основі при сталій відстані між рядами паль 5d, що влаштовані з вийманням ґрунту. Характеристики піщаного ғрунту: $\gamma = 18,7$ кН/м³, $c = 1$ кПа, $\varphi = 36^\circ$, $E = 32$ МПа;

III - моделювання роботи стрічкового дворядного пальового фундаменту на однорідній основі (глинистий ґрунт) при сталій відстані між рядами паль 5d для паль, що влаштовані без виймання ґрунту. Характеристики глинистого ґрунту: $\gamma = 18,7$ кН/м³, $c = 23$ кПа, $\varphi = 21^\circ$, $E = 21$ МПа;

IV - моделювання роботи одиночних паль (забивних та бурових) довжиною 3, 6, 9, 12 і 15 та стрічкового фундаменту мілко закладання розмірами 2,0×22,1 м у піщаному та глинистому ґрунті.

Для прикладу на рис. 1 наведено моделі стрічкового пальового фундаменту в програмі Plaxis 3D Foundation: однорядного при довжині паль 12 м і кроці 3d (а) та дворядного при довжині паль 6 м і кроці 3d (б).

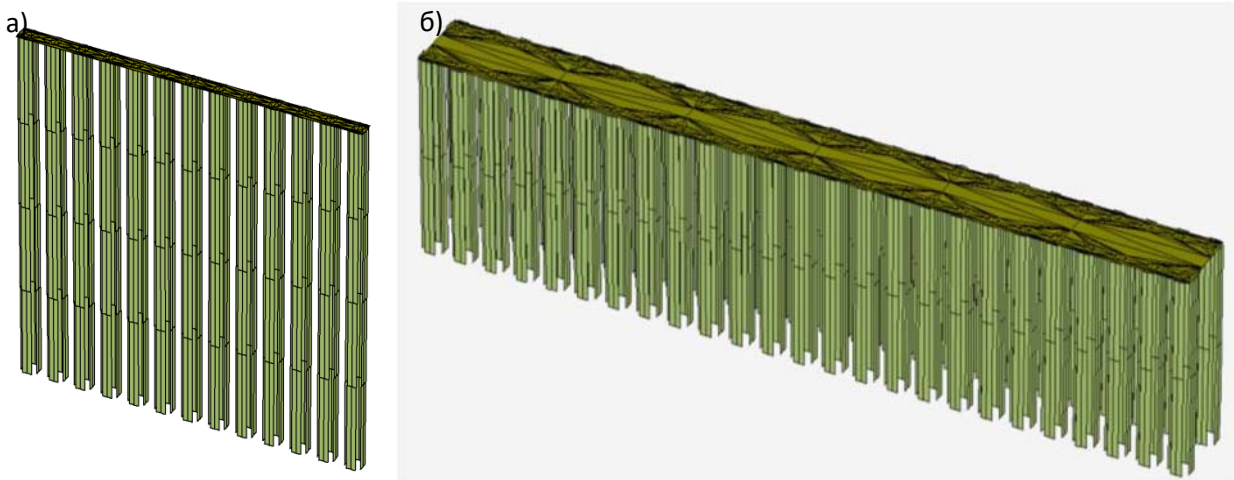


Рисунок 1 – Модель стрічкового пальового фундаменту з однорядним (а) та дворядним розташуванням паль (б)

Результати моделювання стрічкового однорядного пальового фундаменту наведено в таблиці 1.

Результати моделювання стрічкового дворядного пальового фундаменту в піщаному ґрунті наведені в таблиці 2 для паль, що влаштовані без виймання ґрунту, та в таблиці 3 для паль, що влаштовані з вийманням ґрунту.

Дослідження черговий раз підтверджують, що низький ростверк у складі стрічкового пальового фундаменту, починає включатися в роботу поступово, паралельно з палями. Ґрунт міжпальового середовища, який контактує безпосередньо з подошвою низького ростверку, краще включається в

роботу зі збільшенням кроку паль. В свою чергу, паля починає краще реалізувати свою несучу здатність. Чітко простежується і розвиток деформацій в ґрунтовій основі, зі зміною кроку паль. При цьому також збільшується реактивний опір основи.

Таблиця 1

Результати моделювання роботи стрічкового однорядного пальового фундаменту при різному поздовжньому кроці і різній довжині паль

Поздовжній крок паль, м	Площа ростверку без урахування площі паль, м ²	Довжина палі, м	Несуча здатність ф-ту, кН/п.м	Несуча здатність ростверку, кН/п.м	Тиск під підошвою ростверку, кПа	Несуча здатність палі у складі фундаменту, кН	Частка несучої здатності ростверку	Ґрунт
Палі, що влаштовані без виймання ґрунту								
0,9	4,48	6	825	118,9	299,9	706,1	14,4	Пісок дрібний
1,8	5,02	6	755	200,8	452,0	552,4	26,6	
2,4	5,2	6	650	222	482,4	428,0	34,2	
3,6	5,29	6	630	204,6	437,0	425,4	32,5	
0,9	4,48	9	1150	120,5	303,9	1029,5	10,5	
1,8	5,02	9	1000	178,6	402,0	821,4	17,9	
2,4	5,2	9	810	216,7	470,9	593,3	26,8	
3,6	5,29	9	785	189,9	405,6	595,1	24,2	
0,9	4,48	12	1535	44,5	112,2	1490,5	2,9	
1,8	5,02	12	1325	185,7	418,0	1139,3	14,0	
2,4	5,2	12	1010	226,3	491,8	783,7	22,4	
3,6	5,29	12	960	191	408,0	769,0	19,9	
0,9	4,48	9	1030	85,2	214,9	944,8	8,3	Суглинок
1,8	5,02	9	810	123	276,9	687,0	15,2	
2,4	5,2	9	675	149	323,8	526,0	22,1	
3,6	5,29	9	635	124	264,9	511,0	19,5	
Палі, що влаштовані з вийманням ґрунту								
0,9	4,48	9	990	181,4	457,5	808,6	18,3	Пісок дрібний
1,8	5,02	9	800	204	459,1	596	25,5	
2,4	5,2	9	700	216,7	470,8	483,3	30,96	
3,6	5,29	9	665	220,7	471,4	444,3	33,2	
0,9	4,48	9	930	99,1	249,9	830,9	10,7	Суглинок
1,8	5,02	9	750	122,3	275,3	627,7	16,3	
2,4	5,2	9	630	139,1	302,2	490,9	22,1	
3,6	5,29	9	608	137,8	294,4	470,2	22,7	

Таблиця 2

Результати чисельного математичного моделювання роботи дворядного стрічкового пальового фундаменту на піщаній основі, при змінній довжині та поздовжньому кроці паль (s=10 см) (ґрунт – пісок, палі без виймання ґрунту)

Довжина паль, м, кількість паль	Поздовжній крок паль, м	Несуча здатність ф-ту, кН/п.м	Несуча здатність ростверку, кН/п.м	Несуча здатність палі у складі фундаменту, кН	Ступінь реалізації несучої здатності паль	Частка несучої здатності ростверку	Тиск під підошвою ростверку, кПа
3, n=50	3d = 0,9	1394	266	498,6	0,93	0,191	140,3
3, n=26	6d = 1,8	1324	489	709,8	1,33	0,369	245,2
3, n=18	9d = 2,4	1264	705	686,3	1,28	0,558	347,9
3, n=14	12d = 3,6	1239	723	814,5	1,52	0,583	353,9
6, n=50	3d = 0,9	1694	124	693,9	0,71	0,073	65,4
6, n=26	6d = 1,8	1602	320	1089,7	1,11	0,200	160,5
6, n=18	9d = 2,4	1514	578	1149,2	1,17	0,382	285,2
6, n=14	12d = 3,6	1424	668	1193,4	1,22	0,469	327,0
9, n=50	3d = 0,9	2092	128	868,1	0,62	0,061	67,5

Продовження таблиці 2							
9, n=26	6d = 1,8	1969	283	1433,1	1,02	0,143	141,9
9, n=18	9d = 2,4	1824	464	1669,8	1,19	0,255	228,9
9, n=14	12d = 3,6	1694	581	1757,0	1,25	0,343	284,4
12, n=50	3d = 0,9	2544	128	1067,9	0,63	0,050	67,5
12, n=26	6d = 1,8	2389	256	1813,1	1,07	0,107	128,4
12, n=18	9d = 2,4	2224	391	2250,5	1,32	0,176	192,9
12, n=14	12d = 3,6	2079	521	2459,4	1,45	0,250	255,0
15, n=50	3d = 0,9	3024	99	1292,9	0,66	0,033	52,2
15, n=26	6d = 1,8	2889	250	2243,2	1,14	0,087	125,4
15, n=18	9d = 2,4	2799	374	2977,4	1,52	0,134	184,5
15, n=14	12d = 3,6	2439	513	3040,3	1,55	0,210	251,1

Таблиця 3

Результати моделювання НДС системи «ростверк – палі – основа» при різному поздовжньому кроці і різній довжині паль, що влаштовані з вийманням ґрунту (ґрунт – пісок)

№ з / п	Поздовжній крок паль, м	Довжина паль, м	Несуча здатність ф-ту, кН/п.м.	Несуча здатність ростверку, кН/п.м.	Несуча здатність палі у складі фундаменту, кН	Ступінь реалізації несучої здатності паль	Частка несучої здатності ростверку	Тиск під подошвою ростверку, кПа
1	0.9	3	1359	273	480,0	1,01	0.23	142,2
2	1.8	3	1299	480	696,2	1,47	0.37	238,0
3	2.4	3	1264	582	837,3	1,77	0.46	284,8
4	3.6	3	1234	756	754,6	1,59	0.612	367,8
5	0.9	6	1659	332	586,5	1,15	0.200	171,1
6	1.8	6	1554	508	889,1	1,32	0.327	251,9
7	2.4	6	1449	655	974,9	1,44	0.452	320,7
8	3.6	6	1394	783	964,5	1,43	0.652	381,0
9	0.9	9	1994	413	698,8	0,84	0.207	212,9
10	1.8	9	1859	602	1068,5	1,29	0.324	298,5
11	2.4	9	1699	713	1210,6	1,46	0.420	349,1
12	3.6	9	1624	847	1226,6	1,48	0.522	412,1
13	0.9	12	2459	428	897,7	0,91	0.174	220,6
14	1.8	12	2249	636	1371,1	1,38	0.283	315,4
15	2.4	12	2024	738	1578,9	1,59	0.365	361,3
16	3.6	12	1844	802	1644,9	1,66	0.435	390,2
17	0.9	15	2924	453	1092,2	1,02	0.155	233,5
18	1.8	15	2563	688	1593,8	1,49	0.268	341,1
19	2.4	15	2224	765	1791,3	1,67	0.344	374,5
20	3.6	15	1974	839	1791,7	1,67	0.425	408,2

Аналіз виконаного чисельного моделювання, для фундаменту в однакових ґрунтових умовах, при змінній довжині та кроці паль, підтвердив результати досліджень, що були проведені раніше рядом авторів [2, 16-27], та результати модельних експериментальних досліджень на маломасштабних моделях [49]. А саме: частка навантаження, яка сприймається ростверком, при збільшенні довжини паль, менша, і навпаки, зі збільшенням кроку паль, навантаження на низький ростверк збільшується. Ці закономірності яскраво спостерігаються на графіку, який наведено на рисунку 2.

На рис. 2 наведено залежність частки навантаження, що сприймається ростверком, від кроку для бурових та забивних паль різної довжини. З рис. 2 видно, що частка навантаження, що сприймає ростверк, при влаштуванні бурових паль більша. Залежність частки навантаження, що сприймається ростверком, від способу влаштування паль має закономірний характер.

Шляхом моделювання роботи одиночних паль різної довжини було визначено їх несучу здатність при осіданні 20 мм. Для забивних паль несуча здатність 3 м палі склала 535 кН, 6 м – 979 кН, 9 м – 1400 кН, 12 м – 1700 кН, 15 м – 1960 кН. Для бурових паль несуча здатність 3 м палі склала 474 кН, 6 м – 676 кН, 9 м – 830 кН, 12 м – 990 кН, 15 м – 1070 кН. Для аналізу навантаження, що сприймає окрема паля у складі стрічкового пальового фундаменту, використано співвідношення цього навантаження та несучої здатності одиночної палі (ступінь реалізації несучої здатності паль див. табл. 2, 3).

На рисунку 3 наведено графіки залежності такого співвідношення від кроку паль в поздовжньому напрямку.

З рис. 3 видно, що несуча здатність паль в складі стрічкового пальового фундаменту з забивних паль менша, а при використанні бурових паль більша, це пояснюється накладанням напружено-деформованих зон від сусідніх паль і ростверку, що покращує міцнісні характеристики ґрунтової основи з одного боку та проковзуванням ґрунту під ростверком по поверхні паль з іншого. Чим більша відстань між палями, тим більша несуча здатність окремої палі у складі дворядного стрічкового пальового фундаменту. Лише при малому кроці несуча здатність у складі групи менша за несучу здатність одиночної палі.

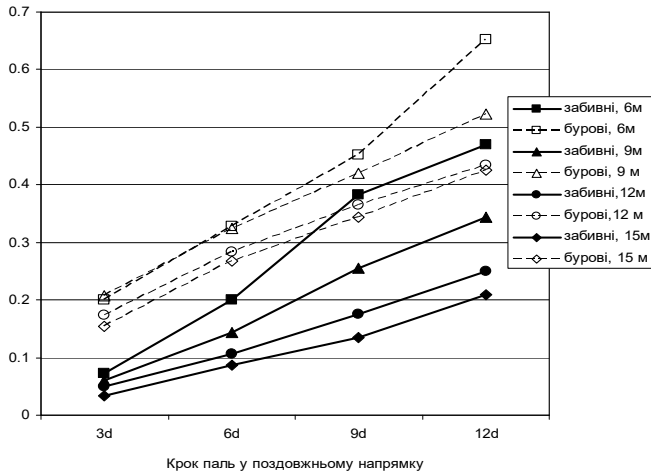


Рисунок 2 – Залежність частки навантаження, що сприймає ростверк, від кроку в поздовжньому напрямку для забивних і бурових паль різної довжини у складі дворядного стрічкового пальового фундаменту (ґрунт піщаний)

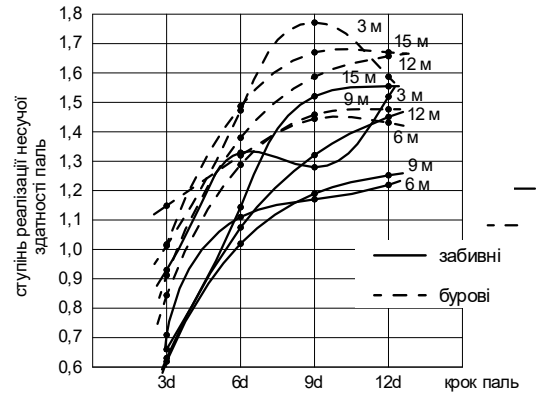


Рисунок 3 - Залежність ступеню реалізації несучої здатності паль у дворядному стрічковому пальовому фундаменті на піщаному ґрунті від довжини та кроку паль уздовж ряду

Як бачимо з рис. 3 та з таблиць 2, 3 несуча здатність забивних паль при малому кроці реалізується не повністю, а при збільшенні кроку палі сприймають більше навантаження. Несуча здатність бурових паль у стрічці як правило перевищує несучу здатність одиночної палі і тим більше, чим більше крок паль.

На рис. 4, 5 наведена залежність тиску під подошвою ростверку у складі стрічкового дворядного пальового фундаменту при різній довжині та кроці паль для забивних та бурових паль відповідно.

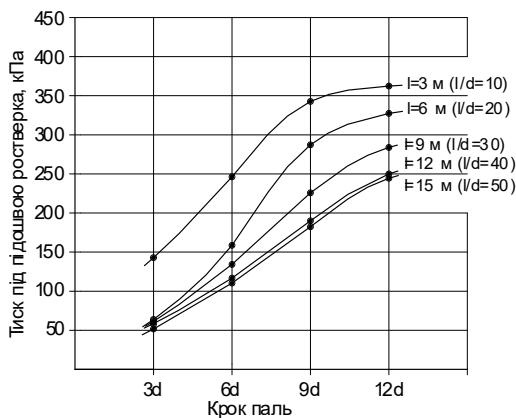


Рисунок 4 – Тиск під подошвою ростверку у складі стрічкового дворядного пальового фундаменту при різній довжині та кроці забивних паль (s=100 мм) (ґрунт - пісок)

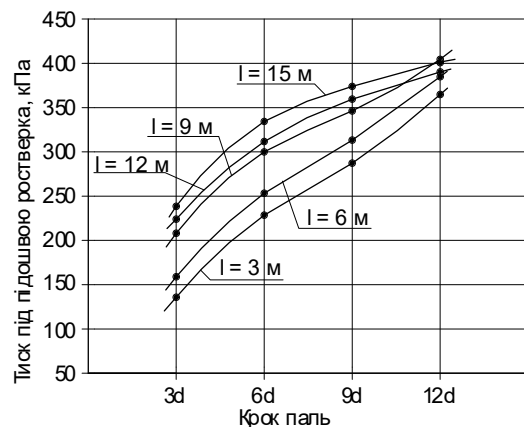


Рисунок 5 – Тиск під подошвою ростверку у складі стрічкового дворядного пальового фундаменту з бурових паль при різній довжині та кроці бурових паль (s=100 мм) (ґрунт - пісок)

На ростверк при кроці 3d (рис. 4, 5) припадає менше навантаження, ніж при більших кроках. Але в будь-якому випадку несуча здатність ростверку у порівнянні з плитою без паль реалізується не повністю (тиск під подошвою плити без паль при осіданні $s = 10$ см складає 547 кПа).

Із збільшенням довжини паль реалізація роботи ростверку як для забивних, так і для бурових паль погіршується.

При застосуванні бурових паль тиск під подошвою ростверка реалізується краще (див. рис. 4, 5). Виявляється також відмінність залежності від довжини паль. Для забивних паль із збільшенням довжини паль реалізація роботи ростверку погіршується, а для бурових паль навпаки – покращується.

Отже в цілому як палі, так і ростверк працюють в групі інакше, ніж як окремі елементи. З таблиць 2, 3 видно, що несуча здатність дворядного стрічкового пальового фундаменту з бурових паль перевищує суму несучих здатностей одиночних паль, а для фундаменту з забивних паль може бути і меншою.

Бачимо, що реалізація роботи окремих елементів фундаменту при застосуванні бурових паль краща, ніж при застосуванні забивних паль. Це відбивається на величині загальної несучої здатності фундаменту, наближаючи несучу здатність фундаменту з бурових паль до несучої здатності фундаменту з забивних паль, що можна побачити на рис. 6.

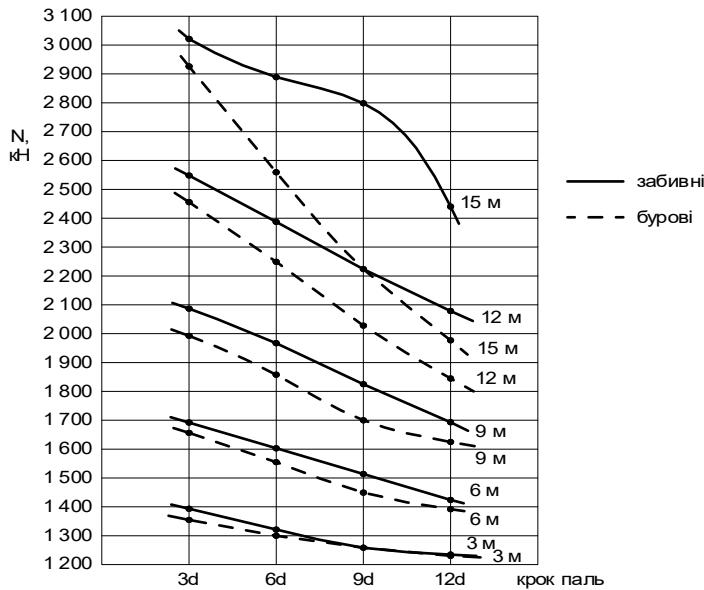


Рисунок 6 – Залежність погонної несучої здатності дворядного стрічкового пальового фундаменту у піщаному ґрунті з забивних та бурових паль від кроку і довжини паль

Таблиця 4
Співвідношення несучих здатностей одиночних забивних і бурових паль в анало-гічних умовах (піщаний ґрунт)

Довжина палі, м	Несуча здатність одиночної забивної палі, кН	Несуча здатність одиночної бурової палі, кН	Співвідношення несучих здатностей
3	535	474	1,13
6	979	676	1,45
9	1400	830	1,69
12	1700	990	1,72
15	1960	1070	1,83

З рис. 6 можна бачити, що несуча здатність фундаментів з забивних паль більше за несучу здатність фундаментів з бурових паль, але не на стільки, як цього можна було б очікувати. Для коротких паль зменшення несучої здатності при переході до бурових паль не перевищує 3%, а для довгих паль 3-23%. Найменша різниця спостерігається при кроці паль 3d і найбільша при кроці паль 12d. Водночас несуча здатність одиночних бурових паль набагато менша за несучу здатність одиночних забивних паль в аналогічних умовах, що можна бачити з таблиці 4.

Таким чином при врахуванні спільної роботи окремих елементів фундаменту з бурових паль можна одержати значно більш економічне рішення.

В таблиці 5 наведено результати моделювання роботи стрічкового пальового фундаменту на глинистій основі при варіюванні довжини та кроку паль в поздовжньому напрямку (палі забивні, відстань між рядами паль 5d).

На рисунку 7 наведено графік залежності частки навантаження, що сприймає ростверк стрічкового пальового фундаменту, від довжини та кроку паль для різних ґрунтових умов. З рисунку 7 видно, що характер залежності частки навантаження, що сприймає ростверк стрічкового пальового фундаменту, від довжини та кроку паль в поздовжньому напрямку у різних ґрунтових умовах суттєво не змінюється. Частка навантаження, що сприймає ростверк, в залежності від кроку паль в поздовжньому напрямку коливається в межах від 0,05 до 0,53.

При великому кроці паль у глинистих ґрунтах ростверк дещо краще включається у роботу. Це може бути пов'язано з більшою піддатливістю глинистого ґрунту, прийнятого для моделювання.

Для аналізу навантаження, що сприймає окрема паля у складі стрічкового пальового фундаменту, використано співвідношення цього навантаження та несучої здатності одиночної палі (ступінь реалізації несучої здатності паль див. табл. 5).

Результати моделювання НДС системи «ростверк – палі – основа» на глинистій основі при різному поздовжньому кроці і різній довжині палі (палі без виймання ґрунту)

Поздовжній крок палі, м	Довжина палі, м	Несуча здатність ф-ту, кН/п.м.	Несуча здатність ростверку, кН/п.м.	Несуча здатність палі у складі фундаменту, кН	Ступінь реалізації несучої здатності палі	Частка несучої здатності ростверку	Тиск під підошвою ростверку, кПа
3d = 0,9	3	1084	144	415,5	0,944	0,133	75,9
6d = 1,8	3	1049	237	690,2	1,570	0,226	118,8
9d = 2,4	3	1014	426	721,9	1,640	0,420	210,2
12d = 3,6	3	999	528	743,5	1,690	0,529	258,4
3d = 0,9	6	1286	108	520,7	0,755	0,084	57,0
6d = 1,8	6	1214	339	743,8	1,078	0,279	170,0
9d = 2,4	6	1146	509	782,1	1,133	0,444	251,1
12d = 3,6	6	1099	548	869,8	1,260	0,499	268,2
3d = 0,9	9	1569	111	644,4	0,786	0,071	58,5
6d = 1,8	9	1459	341	950,3	1,159	0,234	171,0
9d = 2,4	9	1341	434	1113,6	1,358	0,323	214,1
12d = 3,6	9	1249	565	1079,7	1,317	0,456	276,6
3d = 0,9	12	1934	110	806,2	0,800	0,059	58,0
6d = 1,8	12	1814	273	1309,9	1,303	0,150	136,9
9d = 2,4	12	1609	445	1429,1	1,422	0,276	219,6
12d = 3,6	12	1434	554	1389,1	1,382	0,386	271,2
3d = 0,9	15	2364	133	986,1	0,822	0,056	70,1
6d = 1,8	15	2149	322	1553,0	1,294	0,150	161,5
9d = 2,4	15	1827	480	1653,8	1,387	0,262	236,8
12d = 3,6	15	1539	583	1509,1	1,258	0,364	285,4

На рисунку 8 наведено графіки залежності такого співвідношення від кроку палі в поздовжньому напрямку.

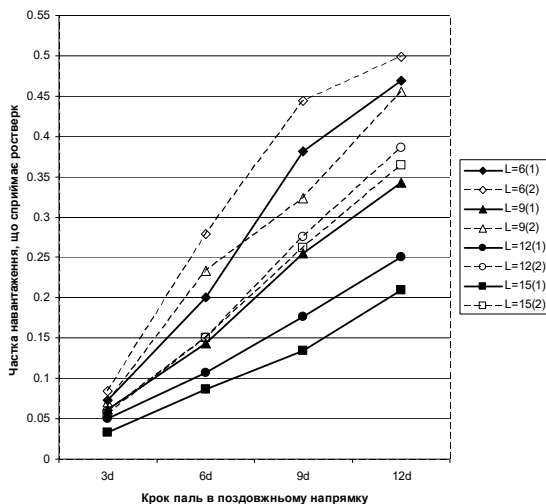


Рисунок 7 - Залежність частки навантаження, що сприймає ростверк стрічкового пального фундаменту, від довжини та кроку палі в поздовжньому напрямку для піщаних (1) та глинистих (2) ґрунтів (палі забивні)

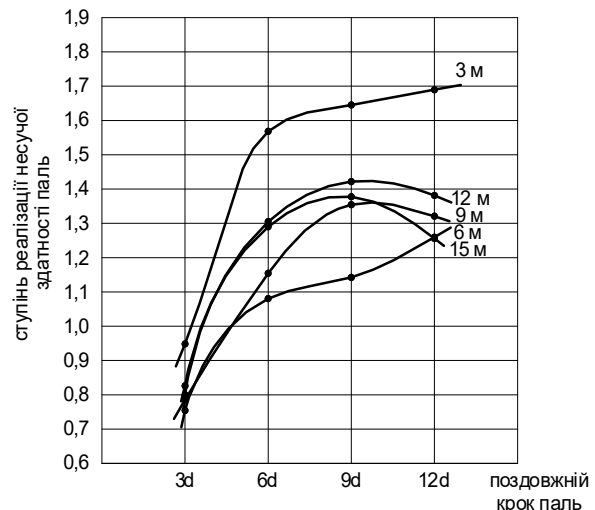


Рисунок 8 - Залежність ступеню реалізації несучої здатності палі у дворядному стрічковому пальному фундаменті на глинистому ґрунті від довжини та кроку палі уздовж ряду (палі забивні)

З рис. 8 видно, що чим більша відстань між палями, тим більша несуча здатність окремої палі у складі дворядного стрічкового пального фундаменту. Лише при малому кроці несуча здатність у складі групи менша за несучу здатність одиночної палі.

Якщо порівняти ступінь реалізації несучої здатності паль у глинистому ґрунті із ступенем реалізації несучої здатності пальу піщаному ґрунті (рис. 3), то бачимо зміну ступеню реалізації в однакових межах. Отже, вид ґрунту практично впливає на ступінь реалізації несучої здатності палі.

На рис. 9 наведена залежність тиску під підшовною ростверку у складі стрічкового дворядного пального фундаменту при різній довжині та кроці палі.

На ростверк при кроці 3d припадає менше навантаження, ніж при більших кроках. Але в будь-якому випадку несуча здатність ростверку у порівнянні з плитою без палі реалізується не повністю (тиск під підшовною плити без палі при осіданні $s = 10$ см складає 405 кПа).

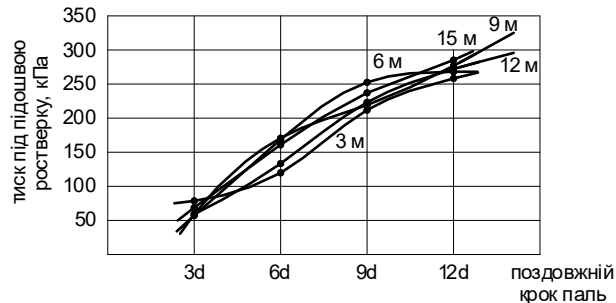


Рисунок 9 – Тиск під підшовною ростверку у складі стрічкового дворядного пального фундаменту при різній довжині та кроці забивних палі ($s=100$ мм) (палі забивні, ґрунт - глинистий)

Довжина палі, на відміну від піщаного ґрунту (рис. 4), практично не впливає на реалізацію роботи ростверку.

Висновки

1. Несуча здатність пального фундаменту з бурових палі з низьким ростверком як правило перевищує суму несучих здатностей одиночних палі. Фундаменти з забивних палі можуть мати меншу несучу здатність, ніж сума несучих здатностей одиночних палі. При частому розміщенні палі навіть включення у роботу ростверку може не забезпечувати позитивний кущовий ефект, оскільки палі в таких фундаментах частково виключаються з роботи. Фундаменти з бурових палі завжди показують більшу несучу здатність, ніж сума несучих здатностей одиночних палі.
 2. Несуча здатність низького ростверку в системі пального фундаменту:
 - у паливих фундаментах з бурових палі майже у 1,5 – 2 рази більша ніж у паливих фундаментах з забивних палі;
 - збільшується, при збільшенні кроку між палями;
 - зменшується, при збільшенні довжини палі в системі пального фундаменту з забивних палі та збільшується при збільшенні довжини палі в системі пального фундаменту з бурових палі.
 3. Робота палі в групі з низьким ростверком суттєво відрізняється від роботи одиночної палі. По мірі зростання навантаження осереднене навантаження на палю у складі фундаменту зростає.
- Ступінь реалізації несучої здатності палі у складі пального фундаменту суттєво більший для фундаментів з бурових палі у порівнянні з фундаментами з забивних палі.
- Для фундаментів з забивних палі при кроці 3d – 6d палі у складі стрічки реалізують свою несучу здатність не повністю. Групи з бурових палі підвищують свою несучу здатність, працюючи у групі, навіть при мінімальному кроці.
4. Ступінь реалізації несучої здатності палі у складі пального фундаменту залежить від довжини і кроку палі:
 - для піщаних ґрунтів реалізація несучої здатності палі у складі фундаменту збільшується із збільшенням їх довжини (виключення складають короткі палі); для глинистих ґрунтів практично не залежить від довжини палі;
 - при збільшенні кроку палі реалізація несучої здатності палі збільшується.
 5. Врахування реальної роботи палі і ростверку у складі пального фундаменту дозволяє підвищувати несучу здатність пального фундаменту в цілому і відповідно економити матеріальні та трудові ресурси під час проведення будівельних робіт.
 6. Оскільки паливі фундаменти з бурових палі значно більш інтенсивно підвищують свою несучу здатність за рахунок спільної роботи їх елементів під навантаженням у порівнянні з паливими фундаментами з забивних палі, то при врахуванні цієї спільної роботи паливі фундаменти з бурових палі стають конкурентоспроможними з аналогічними фундаментами з забивних палі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маєвська І. В., Блашук Н. В. Урахування роботи ростверку у складі стрічкових паливих та підсилених палями фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2013. 168 с.
2. Маєвська І.В., Блашук Н.В. Перерозподіл зусиль між елементами однорядного стрічкового пального фундаменту *Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*: міжнародний н/т журнал ВНТУ, Вінниця. 2019. №1(26). С.43-52.

3. Маєвська І. В., Блащук Н. В. Робота паль і ростверку у складі стовпчастих фундаментів : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2023. – 182 с.
4. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. [Чинний від 2019-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 36 с.

REFERENCES

1. Mayevs'ka I. V., Blashchuk N. V. Urakhuvannya roboty rostverku u skladi strichkovykh pal'ovykh ta pidsylenykh palyamy fundamentiv : monohrafiya. Vinnytsya : VNTU, 2013. 168 s.
2. Mayevs'ka I.V., Blashchuk N.V. Pererozpodil zusyl' mizh elementamy odnoryadnoho strichkovoho pal'ovoho fundamentu Suchasni tekhnolohiyi, materialy ta konstruktsiyi v budivnytstvi: mizhnarodnyy n/t zhurnal VNTU, Vinnytsya. 2019. №1(26). S.43-52.
3. Mayevs'ka I. V., Blashchuk N. V. Robota pal' i rostverku u skladi stovpchastykh fundamentiv : monohrafiya. Vinnytsya : VNTU, 2023. – 182 s.
4. DBN V.2.1-10-2018. Osnovy ta fundamenti sporudy. Osnovni polozhennya proektuvannya. [Chynnyy vid 2019-01-01]. Kyiv : Minrehion Ukrayiny, 2018. 36 s.

Наталя Вікторівна Блащук— канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: blaschuk@vntu.edu.ua ORCID: 0000-0001-9764-0271.

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 ORCID: 0000-0001-5999-6824.

Шмундяк Олександр Юрійович - аспірант, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shmund@ukr.net.

Перебийніс Михайло Володимирович — аспірант, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Mishauavn@gmail.com

**N. Blshchuk
I. Majewska
O. Shmundyak
M. Perebyinis**

THE DIFFERENCE IN THE OPERATION OF DRILLED AND DRIVEN PILES IN THE COMPOSITION OF A TAPE PILE FOUNDATION

Vinnytsia National Technical University

A comparative analysis of the results of the mathematical modeling of the strip pile foundation from driven and bored piles with one-row and two-row arrangement of piles with different longitudinal steps and different lengths in different types of soil was performed.

It was established that the degree of implementation of the load-bearing capacity of piles and grids as part of a strip pile foundation depends not only on the relative length and pitch of the piles, but also on the method of their arrangement. Taking into account the actual operation of piles and grids as part of the pile foundation allows to increase the load-bearing capacity of the pile foundation as a whole and, accordingly, to save material and labor resources during construction work.

Based on the results of the study, the difference in the operation of drilled and driven piles in the strip pile foundation was established. The load-bearing capacity of a low grid as part of a strip pile foundation on bored piles is 1.5-2 times greater than in pile foundations made of driven piles. The degree of implementation of the load-bearing capacity of the pile as part of the pile foundation is significantly greater for foundations made of drilled piles compared to foundations made of driven piles. For foundations made of driven piles, at step 3d - 6d, the piles in the strip do not fully realize their load-bearing capacity. Drill pile groups increase their load-bearing capacity by working in a group, even with a minimum pitch.

Since pile foundations from drilled piles significantly increase their bearing capacity due to the joint work of their elements under load in comparison with pile foundations from driven piles, taking into account this joint work, pile foundations from drilled piles become competitive with similar foundations from driven piles.

Key words: strip pile foundation, soil base, driven pile, drilled pile, grid, redistribution of load, share of grid.

Natalia V. Blashchuk - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: blaschuk@vntu.edu.ua

Irina V. Majewska - candidate. Sc., assistant professor of department of construction, architecture and municipal economy, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: irina.mayevskaja@gmail.com

Shmundyak Oleksandr YU — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, email : shmund@ukr.net

Mykhailo Perebyinis — Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya, email : Mishauavn@gmail.com