

DOI: 10.32347/2786-7269.2023.3.74-89

УДК 693.5: 624.1

к.т.н., доцент **Махиня О.М.**,

makhynia.om@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-7167-2857,

Яремко Н.Я.,

nazar02024@gmail.com, ORCID:0000-0002-8897-6774,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН НА КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БАРЕТТНИХ ПАЛЬ

Розглянуто аналіз публікацій, щодо влаштування бареттних фундаментів. Який вказує на те, що несуча здатність баретти визначається в основному опором за її бічною поверхнею і чим більша площа поверхні, тим, можливо, більша несуча здатність баретти. В свою чергу застосування баретт із формою поперечного перерізу відмінною від прямокутного (квадратного) є досить актуальним. На сьогодні у будівництві можуть бути застосовані баретти прямокутної (квадратної) форми, Х-форми, Т-форми, L-форми, Н-форми, Y-форми і С-форми поперечного перерізу. Геометричні розміри баретти залежать від розмірів робочих органів землерийних машин для влаштування вузьких і глибоких траншей. Було проведено теоретичне дослідження параметрів найбільш поширених типів землерийних машин для влаштування траншей, а саме плаского грейфера і бурової фрези. Були проаналізовані технічні характеристики гідравлічних пласких грейферів: серії KHD (CASAGRANDE S.P.A.), серії GB (BAUER Maschinen GmbH), серії HSG (LIEBHERR Maschinen GmbH), серії GH (SOILMEC S.P.A.) та технічні характеристики гідравлічних бурових фрез: серії FD (CASAGRANDE S.P.A.), серії BC (BAUER Maschinen GmbH), серії LSC (LIEBHERR Maschinen GmbH), серії SH (SOILMEC S.P.A.). В результаті були визначені інтервали варіацій геометричних розмірів окремої захватки, що влаштовується за допомогою того чи іншого робочого органу. Це дозволило визначити можливі варіації геометричних розмірів баретт прямокутної (квадратної) форми, Х-форми, Т-форми, L-форми, Н-форми, Y-форми і С-форми поперечного перерізу. Згідно отриманих результатів, ширина окремого лінійного елемента баретти може варіюватись в межах від 420 до 1800 мм при застосуванні плаского грейферу і в межах від 640 до 2000 мм при застосуванні бурової фрези. Довжина окремого лінійного елемента баретти може коливатись від 2200 мм до 4200 мм при застосування плаского грейферу і від 2200 мм до 3200 мм при застосуванні бурової фрези. Отримані результати дозволять оптимізувати

процес проектування бареттних фундаментів і уникнути додаткового уточнення їх розмірів на етапі влаштування.

Ключові слова: баретта; буронабивна паля; «стіна в ґрунті»; плаский грейфер; бурова фреза

Постановка проблеми. Баретта (barrette) - це монолітна бетонна чи залізобетонна паля, яку влаштовують методом «стіна в ґрунті». Тобто, спочатку під захистом бентонітового чи полімерного розчину влаштовують глибоку і вузьку виїмку (траншею), у яку в подальшому, за потреби, встановлюють арматурний каркас та укладають бетонну суміш, що поступово витісняє із траншеї суспензію заповнюючи її конструктивним бетоном. Після досягнення бетоном необхідних фізико-механічних властивостей, видаляють забруднену верхню частину палі і влаштовують ростверок.

Баретти краще сприймають значні вертикальні, горизонтальні та моментні навантаження ніж великорозмірні палі круглого перерізу аналогічної площі. Це є наслідком більшої питомої бічної поверхні бареттної палі прямокутного перерізу, а ніж у палі круглого перерізу (1,2...1,5 рази) і більшого моменту інерції у напрямку моменту. Тому збільшення за останні роки на світовій арені обсягів освоєння підземного простору та можливості, при влаштуванні бареттних фундаментів, застосовувати одну і ту саму техніку, як і для влаштування зовнішніх огорожуючих і несучих конструкцій («стіна в ґрунті») надало бареттам значної популярності при влаштуванні фундаментів глибокого закладання та паль-колон в умовах стиснутої забудови великих міст і не тільки.

Найпростіша баретта являє собою палю прямокутного (rectangular) або квадратного поперечного перерізу, що виготовляється в межах однієї захватки траншеї «стіни в ґрунті». Враховуючи те, що несучу здатність палі залежить від площі її бічної поверхні, збільшення останньої є досить актуальним, що можна досягти шляхом застосування багатокутних форм поперечного перерізу баретти. На сьогодні в будівництві, окрім прямокутного (квадратного) поперечного перерізу можуть бути застосовані наступні форми баретти (рис. 1): Х-форма, Т-форма, L-форма, Н-форма, Y-форма і С-форма. Їх формують шляхом влаштування декількох захваток траншеї прямокутної форми із довжиною ($L1$) і шириною (B). Розміри кожної окремої захватки залежать від розмірів робочого органу землерийної машини для влаштування траншеї, а тому, досить актуальним є встановлення варіативності можливих розмірів поперечних перерізів баретт різних форм в залежності від параметрів

землерийної машини. Що в свою чергу, може усунути необхідність уточнення конструктивних рішень бареттних фундаментів на етапі їх влаштування.

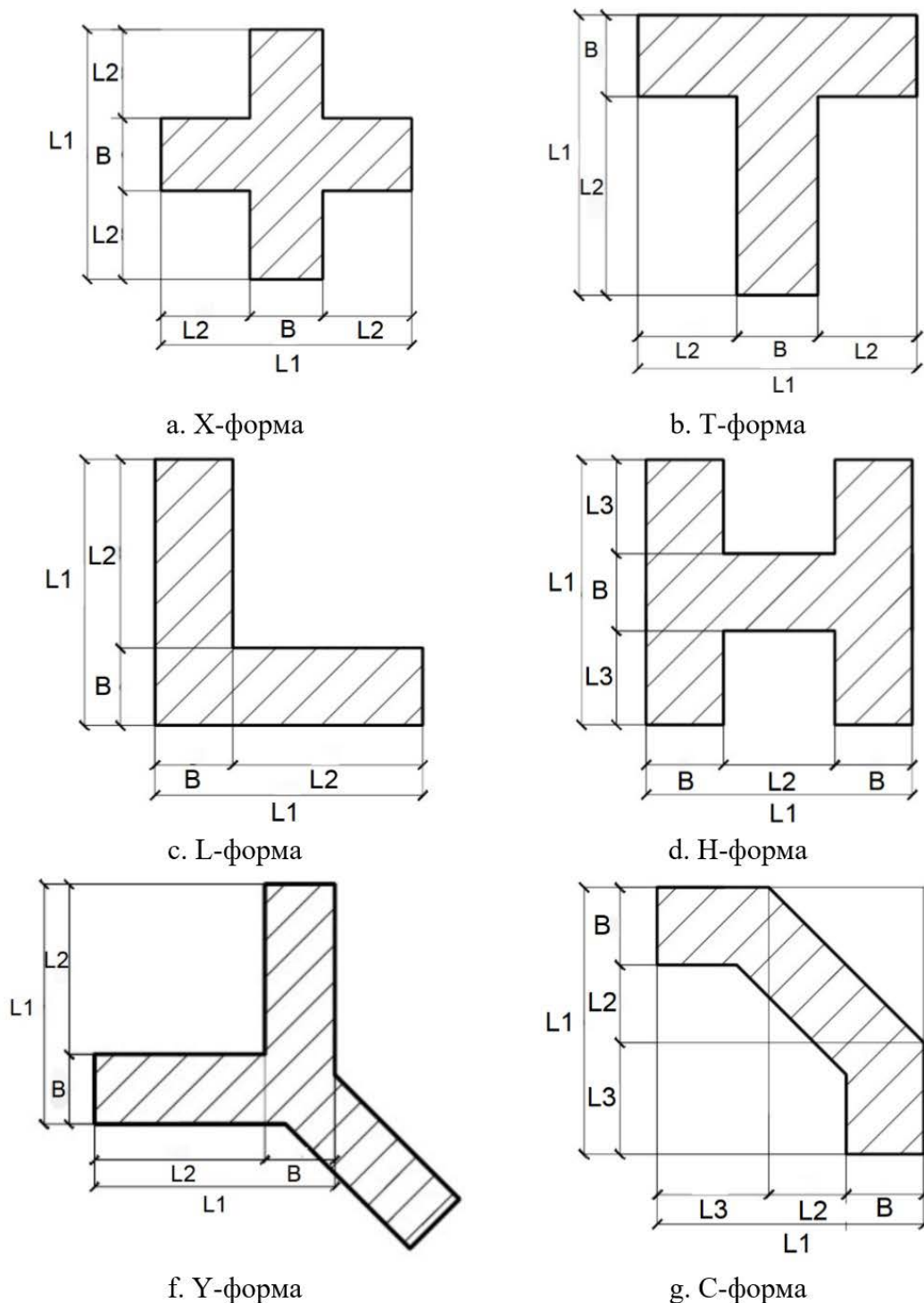


Рис. 1. Додаткові можливі варіанти поперечного перерізу бареттних паль, окрім традиційної прямокутної (квадратної) форми

Аналіз попередніх наукових досліджень. Результати досліджень наведених у публікаціях [1-5] вказують на те, що в більшості випадків, при зведенні висотних будинків, застосовують баретти прямокутного перерізу, що

відповідають розміру однієї захватки землерийної машини. Вертикальне навантаження на одну палю становить від 22,1 МН до 44,5 МН. При цьому відмічають невідповідність розрахункових і фактичних даних щодо несучої здатності баретт [1, 3-5] і необхідність в удосконаленні розрахунків та накопиченні експериментальних даних [1, 2]. Так, по-факту несуча здатність баретти більша чим їх розрахункове значення [3-5]. Відмічається, що несуча здатність баретти визначається в основному опором за бічною поверхнею і тільки після повної мобілізації бічного опору баретти в її роботу включається основа палі [3, 4].

Моделювання роботи бареттних паль різного перерізу (прямокутного, Т-форми, L-форми і Х-форми) у піщаних ґрунтах [6] показало, що опір до горизонтального навантаження вздовж великої осі у фундаментів Х-форми вищий ніж у паль іншого перерізу, а опір - вздовж малої осі вищий у паль L-форми, при цьому опір на висмикування найбільший у паль Х-форми перерізу. Наведені результати вказують на можливість ефективного застосування бареттних паль інших форм поперечного перерізу відмінних від прямокутної (квадратної) форми. Порівняння отриманих результатів із результатами моделювання роботи буронабивної палі аналогічної площі перерізу виявило, що у баретт опір за бічною поверхнею та опір на висмикування значно вищий ніж у буронабивних палях [6]. Це підтверджують і результати випробування паль, згідно яких, несуча здатність баретти виявилася на 28...70% вищою за несучу здатність буронабивної палі, враховуючи те, що площа поперечного перерізу баретти була приблизно на 20% меншою від площі поперечного перерізу буронабивної палі [5].

На несучу здатність кожної окремої баретти впливає якість її конструкції, особливо основи [3]. Серед чинників, які впливають на якість конструкції баретти, відмічають необхідність у підтримуванні низької густини (не вище $1,15 \text{ г/см}^3$) і низької динамічної в'язкості (менше ніж 20 сР) бентонітового розчину [8], що забезпечує мінімальне осідання глинистих частинок на дні виїмки та на арматурних стержнях каркасу палі. Підтримування цих показників забезпечується якісним диспергуванням глинистих частинок, наприклад, імпульсним змішуванням [9], чи іншим методом у розчинозмішувачах ефективність яких оцінюється за відповідною методикою [10].

Мата роботи є виявлення можливих варіацій конструктивних розмірів бареттних фундаментів в залежності від типів і марок робочих органів гусеничного крану для влаштування вузьких і глибоких траншей методом «стіна в ґрунті».

Виклад основного матеріалу. Баретти прямокутного (квадратного) поперечного перерізу формують із однієї чи кількох захваток траншеї, яку

викопає землерийна машина вздовж однієї осі під захистом глинистого розчину. Розміри перерізу, а саме довжина ($L1$) і ширина (B) залежать від розмірів робочого органу машини. Це найбільш поширені форми при зведенні висотних будинків [1-5]. Але попередні дослідження виявили [3, 4], що несуча здатність баретти у більшій мірі залежить від сил тертя її бічної поверхні ніж від площі її опорної частини. Тому збільшення площі бічної поверхні може збільшити і несучу здатність баретти. Це можна досягти шляхом ускладнення форми поперечного перерізу палі. Моделювання роботи баретт більш складної форми поперечного перерізу у піщаних ґрунтах [6] підтверджують цю гіпотезу. З технологічної точки зору формування складних форм поперечного перерізу баретти можливе за умови влаштування кількох захваток траншеї при послідовному їх викопуванні землерийною машиною. При цьому можуть бути влаштовані наступні форми поперечного перерізу, а саме (рис. 1): Х-форма, Т-форма, L-форма, Н-форма, У-форма і С-форма. Габаритні розміри баретти формуються на основі розмірів окремої захватки, її довжини ($L1$) і ширини (B), інші розміри $L2$ і $L3$ визначають в залежності від цих розмірів. В наступному дослідженні була зроблена спроба виявлення можливих варіацій конструктивних розмірів бареттних фундаментів в залежності від найбільш розповсюджених робочих органів землерийних машин, що застосовують для влаштування конструкцій методом «стіна в ґрунті».

Для влаштування глибокої і вузької траншеї під захистом прохідницького розчину застосовують найчастіше плаский грейфер або бурову фрезу.

Були проаналізовані технічні характеристики гідравлічних пласких грейферів: серії KHD (CASAGRANDE S.P.A.) [11], серії GB (BAUER Maschinen GmbH) [12], серії HSG (LIEBHERR Maschinen GmbH) [13], серії GH (SOILMEC S.P.A.) [14]. Основні технічні характеристики розглянутих пласких грейферів наведені в табл. 1.

Представлені на ринку пласкі грейфери фірми CASAGRANDE S.P.A. характеризуються місткістю ківшу від 0,4 до 2,39 м³, при цьому вага ківшу коливається 9,7 до 18,6 т, а загальна вага землерийної машини знаходиться в межах від 90 до 120 т. Грейфери фірми BAUER Maschinen GmbH мають більшу вагу, від 28 до 32 т, місткість ківшу знаходиться в межах від 0,72 до 2,1 м³, а загальна вага машини становить 83 і 100 т. Грейфер фірми LIEBHERR Maschinen GmbH має вагу 22,3 т, його місткість коливається від 0,62 до 4,02 м³, загальна вага машини становить 78 т. Грейфер фірми SOILMEC S.P.A. має вагу 26,5 т, його місткість коливається від 1,52 до 2,05 м³, загальна вага машини становить 170 т. Необхідно відмітити, що досвід будівництва конструкцій методом «стіна в ґрунті» виявив, що більш важкі грейфери забезпечують менше відхилення від вертикалі викопаних глибоких виїмок, а менша вага машини –

більшу стійкість вертикальних стінок виїмок. В даному випадку у співвідношенні вага робочого органу до ваги машини найкращі показники має грейфер HSG 5-18 фірми LIEBHERR Maschinen GmbH, що становить 22,3 до 78 т.

Таблиця 1.

Технічні характеристики плаского грейферу

№ п/п	Марка робочого органу	Фірма-виробник	Місткість ковша, м ³		Вага робочого органу, т	Вага машини, т	Марка крану
			min	max			
1	KHD 22	Casagrande	0,4	1,3	9,7	90	B200 XP2
2	KHD 25	Casagrande	0,62	2,35	15,4	107	B300 XP2
3	KHD 28	Casagrande	0,78	2,39	18,6	120	B360 XP2
4	GB 50	Bauer	0.72	1.35	28	83	BT 70 D
5	GB 80 S	Bauer	1.35	2.1	32	100	BT 80
6	HSG 5-18	Liebherr	0.62	4.02	22,3	78	HS 8130
7	GH 20	Soilmec	1,52	2.05	26,5	170	SC 130

На основі аналізу геометричних параметрів пласких грейферів та їх технічних характеристик були встановлені геометричні параметри окремої захватки при її розробці пласким грейфером (табл. 2).

Встановлено, що грейфери можуть бути різних типорозмірів, при застосуванні яких змінюються геометричні параметри захватки. При цьому мінімальна ширина захватки становить 420 мм, у випадку застосування KHD 22, а максимальна – 1800 мм, при застосуванні GB 80 S, HSG 5-18 і GH 20. При застосуванні KHD 22 досягається найменша довжина захватки 2200 мм, а максимальна – 4200 мм, при застосуванні GH 20. Максимальна глибина захватки у більшості варіантів може бути 80 м і, тільки, при застосуванні GH 20, вона може досягати – 100 м.

На основі отриманих результатів дослідження була встановлена можлива варіативність зміни інтервалів ширини захватки (B) (рис. 2) при розробці її пласкими грейферами різних марок.

Таблиця 2.

Параметри захватки при розробці траншеї пласким грейфером

№ п/п	Марка робочого органу	Фірма-виробник	Параметри захватки				максимальна глибина, м
			ширина, мм		довжина за типорозміром, мм		
			min	max	№1	№2	
1	KHD 22	Casagrande	420	800	2200	2500	80
2	KHD 25	Casagrande	600	1500	2500	3200	80
3	KHD 28	Casagrande	600	1500	2800	4000	80
4	GB 50	Bauer	800	1200	2800	2800	80
5	GB 80 S	Bauer	600	1800	2400	2800	80
6	HSG 5-18	Liebherr	500	1800	2500	3600	80
7	GH 20	Soilmec	600	1800	2500	4200	100

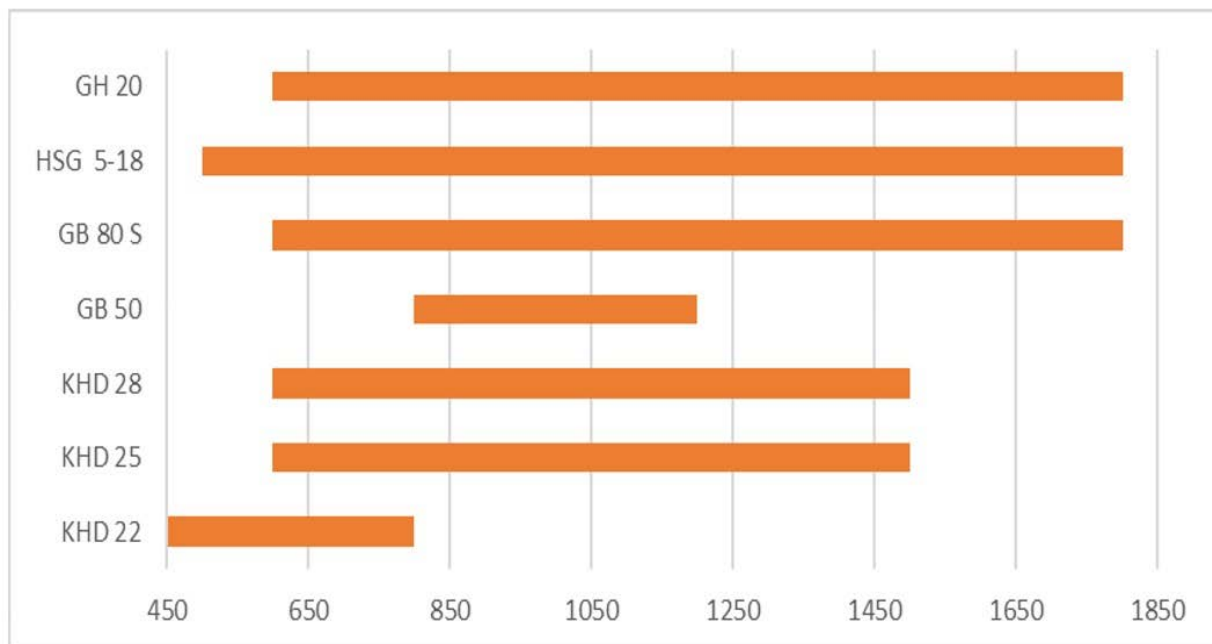


Рис. 2. Варіативність зміни інтервалів ширини (мм) захватки (B) при її розробці пласкими грейферами різних марок

На наступному етапі дослідження були проаналізовані технічні характеристики гідравлічних бурових фрез, а саме серії FD (CASAGRANDE S.P.A.) [15], серії BC (BAUER Maschinen GmbH) [16], серії LSC (LIEBHERR

Maschinen GmbH) [17] і серії SH (SOILMEC S.P.A.) [14]. Основні технічні характеристики розглянутих бурових фрез наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Технічні характеристики бурової фрези

№ п/п	Марка робочого органу	Фірма-виробник	Інтервал крутного моменту фрез, кНм	Макси-мальна швидкість буріння, об/хв	Вага робочого органу, т	Вага машини, т	Марка крану
1	FD 60	Casagrande	2÷67	30	37	130	C 850
2	FD 100	Casagrande	2÷99	21	45	155	C 900
3	BC 35	Bauer	2÷91	25	34,4	92,5	HDS 80
4	BC 40	Bauer	2÷100	25	43,5	92,5	HDS 80
5	BC 48	Bauer	2÷112	25	47,3	92,5	HDS 80
6	BC 50	Bauer	2÷120	25	48,9	92,5	HDS 80
7	BCS 50	Bauer	2÷91	25	34,4	92,5	HDS 80
8	CBC 30	Bauer	2÷91	25	30	92,5	HDS 80
9	CBC 45	Bauer	2÷100	25	45	120	HDS 120
10	LSC 8-18	Liebherr	2÷110	28,5	45	150	HS 8130
11	SH 30	Soilmec	90÷130	25	40	162	SC 135
12	SH 40	Soilmec	90÷150	25	50	162	SC 135

Представлені на ринку гідравлічні бурові фрези мають інтервал крутного моменту від 2÷150 кНм, найбільш момент відповідає фрезі SH 40. При цьому мінімальний крутний момент фрез фірми SOILMEC S.P.A. становить 90 кНм (SH 30 і SH 40), що значно звужує діапазон їх використання у порівнянні із фрезами інших фірм. Максимальна швидкість обертання фрез при бурінні приблизно однакова і коливається в межах від 21 до 30 об/хв.

Вага робочого органу бурових фрез серії FD (CASAGRANDE S.P.A.) коливається 37 до 45 т, а загальна вага землерийної машини знаходиться в

межах від 130 до 155 т. Бурові фрези серії BC (BAUER Maschinen GmbH) мають масу від 30 до 48,9 т, а загальна вага машини коливається від 92,5 до 120 т. Фреза LSC 8-18 (LIEBHERR Maschinen GmbH) має вагу 45 т і 150 т вагу землерийної машини. Вага робочого органу бурових фрез серії SH (SOILMEC S.P.A.) коливається 40 до 50 т, а загальна вага землерийної машини становить 162 т. У співвідношенні вага робочого органу до ваги машини найкращі показники має бурова фреза BC 50 фірми BAUER Maschinen GmbH, що становить 48,9 т до 92,5 т.

На основі аналізу геометричних параметрів бурових фрез та їх технічних характеристик були встановлені геометричні параметри окремої захватки при її розробці буровою фрезою (табл. 4).

Таблиця 4.

Параметри захватки при розробці траншеї буровою фрезою

№ п/п	Марка робочого органу	Фірма-виробник	Параметри захватки				
			ширина, м		довжина за типорозміром, м		максимальна глибина, м
			min	max	№1	№2	
1	FD 60	Casagrande	700	1200	3150	3150	46
2	FD 100	Casagrande	800	1500	3150	3150	100
3	BC 35	Bauer	640	1500	2800	3200	80
4	BC 40	Bauer	800	1800	2800	3200	80
5	BC 48	Bauer	800	2000	2800	3200	80
6	BC 50	Bauer	1200	2000	2800	3200	80
7	BCS 50	Bauer	640	1500	2800	3200	80
8	CBC 30	Bauer	640	1500	2800	3200	80
9	CBC 45	Bauer	800	1800	2800	3200	120
10	LSC 8-18	Liebherr	800	1800	2800	3200	120
11	SH 30	Soilmec	700	1200	2600	3000	120
12	SH 40	Soilmec	800	1800	2800	3200	120

В результаті дослідження було встановлено, що при застосуванні гідравлічної бурової фрези, ширина захватки і, відповідно, ширина стінки бареттного фундаменту, коливається від 640 мм (для бурових фрез марок BC 35, BCS 50 і CBC 30) до 2000 мм (для бурових фрез марок BC 48 і BC 50). Довжина окремої захватки залежить від типорозміру робочого органу бурової фрези, так при застосуванні бурових фрез марок FD 60 і FD 100 вона становить 3150 мм. При застосуванні бурових фрез марок BC 35, BC 40, BC 48, BC 50, BCS 50, CBC 30, CBC 45 і LSC 8-18 довжина захватки може бути 2800 мм чи 3200 мм, а у фрези марки SH 30 може бути 2600 мм чи 3000 мм, а у фрези марки SH 40 – 2800 і 3200 мм.

На основі отриманих результатів дослідження була встановлена можлива варіативність зміни інтервалів ширини захватки (B) (рис. 3) при її розробці її буровими фрезами різних марок.

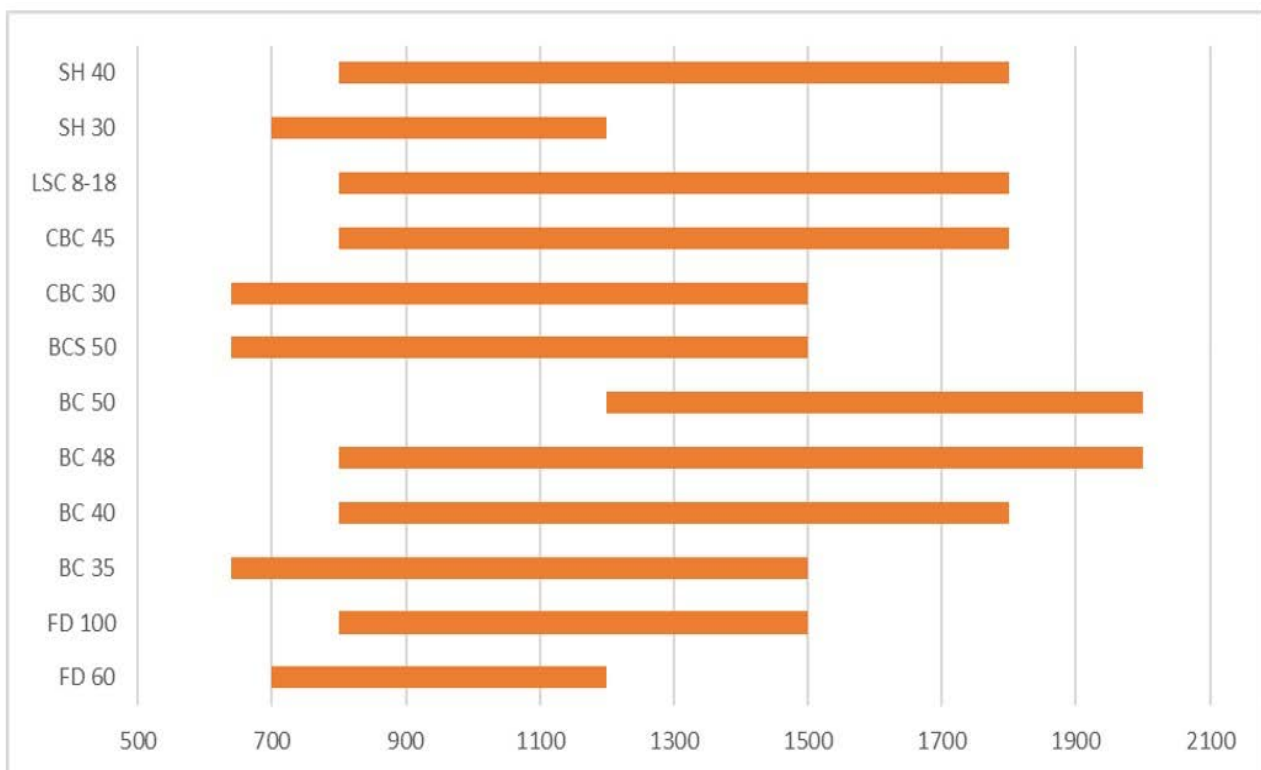


Рис. 3. Варіативність інтервалів зміни ширини (мм) захватки (B) при її розробці буровими фрезами різних марок

Технологія влаштування баретт передбачає, що паля прямокутного (квадратного) перерізу влаштовується в мажах однієї чи кількох захваток, що розташовані по одній осі. Виконання баретт (рис. 1) Х-форми, Т-форми і L-форми, передбачає, що захватки влаштовуються по осям, які перпендикулярні одна до одної. При цьому в залежності від форми палі, осі перетинаються по середині (Х-форма і Т-форма), чи з краю (L-форма), сторони баретти можуть

дотикатися одна до одної (Т-форма і L-форма), або перетинатися (Х-форма). Баретти Н-форма влаштовують, що найменше, із трьох захваток, дві з яких розташовують по паралельним осям, а одну - по осі, що перпендикулярна до двох попередніх. Барети Y-форма і С-форма, також, влаштовують, що найменше, із трьох захваток, які розташовують осям, що перетинаються.

В подальшому дослідженні був визначений можливий інтервал геометричних розмірів поперечного перерізу баретт прямокутної (квадратної) форми, Х-форма, Т-форма, L-форма, Н-форма, Y-форма і С-форма (рис. 1), при їх влаштуванні за допомогою плаского грейферу (табл. 5) чи за допомогою бурової фрези (табл. 6).

Таблиця 5.

Варіативність інтервалів зміни конструктивних розмірів баретт, при їх влаштуванні за допомогою плаского грейферу

№ п/п	Форма поперечного перерізу	Характерні розміри бареттної палі, мм							
		L1		B		L2		L3	
		min	max	min	max	min	max	min	max
1	Прямокутна (квадратна)	2200	4200	420	1800	-	-	-	-
2	Х- форма	2200	4200	420	1800	1780	2400	-	-
3	L- форма	2200	4200	420	1800	1780	2400	-	-
4	Т-форма	2200	4200	420	1800	1780	2400	-	-
5	Y-форма	2200	4200	420	1800	1780	2400	-	-
6	С- форма	2200	4200	420	1800	1780	2400	1555	2970
7	Н- форма	2200	4200	420	1800	735	3360	-	-

Згідно отриманих результатів, ширина елемента бареттного фундаменту може варіюватись в межах 420...1800 мм при застосуванні плаского грейферу і 640...2000 мм при застосуванні бурової фрези. Довжина лінійної частини бареттного фундаменту може коливатись від 2200 мм до 4200 мм при застосування плаского грейферу і від 2200 мм до 3200 мм при застосуванні бурової фрези.

Висновки. На основі аналізу публікацій встановлено, що несуча здатність баретти визначається в основному опором за її бічною поверхнею і чим вона більша, тим, можливо, більша несуча здатність баретти. Це вказує на актуальність застосування баретт із формою поперечного перерізу відмінного від прямокутного (квадратного). При цьому відмічається недосконалість

методів розрахунків бареттних фундаментів, що потребує подальшого дослідження.

Таблиця 6.

Варіативність інтервалів зміни конструктивних розмірів баретт, при їх влаштуванні за допомогою бурової фрези

№ п/п	Форма поперечного перерізу	Характерні розміри бареттної палі, мм							
		L1		B		L2		L3	
		min	max	min	max	min	max	min	max
1	Прямокутна (квадратна)	2200	3200	640	2000	-	-	-	-
2	X- форма	2200	3200	640	2000	1560	2560	-	-
3	L- форма	2200	3200	640	2000	1560	2560	-	-
4	T-форма	2200	3200	640	2000	1560	2560	-	-
5	Y-форма	2200	3200	640	2000	1560	2560	-	-
6	C- форма	2200	3200	640	2000	1560	2560	1555	2262
7	H- форма	2200	3200	640	2000	735	1920	-	-

Геометричні розміри баретти залежать від розмірів робочих органів землерийних машин для влаштування вузьких і глибоких траншей. Дослідження параметрів найбільш поширених типів землерийних машин, а саме плаского грейфера і бурової фрези, дозволило визначити можливі варіації геометричних розмірів баретт прямокутної (квадратної) форми, X-форми, T-форми, L-форми, H-форми, Y-форми і C-форми поперечного перерізу. Отримані результати дозволяють оптимізувати процес проектування бареттних фундаментів і уникнути додаткового уточнення їх розмірів на етапі влаштування. При цьому вбачається необхідність у дослідженні технології влаштування баретт більш складних форм поперечного перерізу з метою забезпечення їх конструктивної якості і оптимізації витрат.

Список використаних джерел.

1. Катценбах Р., Дунаевский Р.А., Муляр Д.Л., Дьяченко К.О., Галинский А.М. Баретты – эффективные фундаменты для высотных зданий // Нові технології в будівництві. Київ: НДІБВ – 2010 р. №2(20). С. 28–37.

2. Рыбникова И.А., Рыбников А.М. Опыт применения бареттных фундаментов. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ – 2016 г. №4. С. 23-27.
3. Kasprzak, G., Bodus, S. (2018) Analysis of the Barrette Load Investigation of the Tallest Building in European Union. *Archives of Civil Engineering*, LXIV (4), 218-292. DOI: 10.2478/ace-2018-0057
4. Колодий Е.В. Сравнительный анализ современных методов оценки несущей способности свай (на примере свай-баретты в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга) // Сборник трудов научно-технической конференции «Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции», СПбГАСУ, СПб, 2010. С. 87-95.
5. Mangushev, R.A. и Nikitina, N.S. (2018). Оценка и анализ несущей способности буронабивных свай и свай-баретт глубокого заложения для высотного здания на слабых грунтах по результатам расчетов и полевых испытаний. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 14, 2 (июн. 2018), 109–116. DOI: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2018-14-2-109-116>.
6. Kumari, A., Thakare, S.W., Dhattrak, A.I. (2018) Analyses of barrette pile in sand. *Construction in Geotechnical Engineering, Proceedings of IGC 2018*, 215-235. DOI: 10.1007/978-981-15-6090-3_15
7. Czopowska, M. (2018) Concrete properties in diaphragm walls embedded in non-cohesive soils. *MATEC Web of Conferences 2018*, 174, 01007, 1-10. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201817401007>
8. Abdelhadh, P.N., Abdelhadh, F.M., Goto, H.K. (1996) Problems Encountered In Diaphragm Wall Excavation. *Reports of the Faculty of Engineering, Nagasaki University*, Vol. 26, No. 46, 39-42. <https://www.researchgate.net/publication/29792852>
9. Махиня. О.М., Терновий ВІ. Застосування гідравлічного імпульсного змішувача для приготування прохідницьких глинистих розчинів в способі “стіна в ґрунті” // Нові технології в будівництві. Київ: НДІБВ – 2005 р. №1(9). С. 62–65.
10. Махиня О.М., Акімов Ф.Н. Методика дослідження оцінки впливу застосування різних розчинозмішувачів на техніко-економічні показники копання траншеї способом “стіна в ґрунті” // Строительство и техногенная безопасность. Симферополь: КАПКС – 2007 г. Вып. 21. С. 87-92.
11. KHD – Hydraulic Grab for Diaphragm [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.casagrandegroup.com/diaphragm-wall/khd-hydraulic-grab-for-diaphragm-wall/>
12. Übersicht Greifersysteme [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.bauer.de/bma/Produkte/greifersysteme/Uebersicht-Greifersysteme/>
13. Schlitzen mit Greifer [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.liebherr.com/de/deu/produkte/baumaschinen/spezialtiefbau/verfahren/schlitzen/schlitzeln-mit-greifer/schlitzen-mit-greifer.html>

14. Hydromill and grabs [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.soilmec.com/en/products/hydromill-grabs>
15. Hydromills [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.casagrandegroup.com/diaphragm-wall/hydromills/>
16. Übersicht Fräsensysteme [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://www.bauer.de/bma/Produkte/fraesensysteme/Uebersicht-Fraesensysteme/>
17. Schlitzen mit Fräse [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.liebherr.com/de/deu/produkte/baumaschinen/spezialtiefbau/verfahren/schlitzen/schlitzenn-mit-greifer/schlitzen-mit-greifer.html>

Candidate of Technical Science **Oleksandr Makhynia**,
associate professor of the Department of Construction Technologies
Nazar Yaremko,
Kyiv National University of Construction and Architecture

THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF EARTHMOVING MACHINES ON THE DESIGN SOLUTIONS OF BARRETTE PILES

The article deals with the analysis of publications on the arrangement of barrette foundations. It indicates that the bearing capacity of a barrette is determined mainly by the resistance behind its lateral surface, and if it is larger, maybe, it will increase the bearing capacity of the barrette. The use of barrettes with a cross-sectional shape is more relevant than rectangular (square) one. Nowadays, rectangular (square), X-shaped, T-shaped, L-shaped, H-shaped, Y-shaped and C-shaped barrettes can be used in construction. The geometric dimensions of the barrettes depend on the size of a grab unit or a milling unit. A theoretical study of the parameters of the most common types of earthmoving machines, namely a hydraulic grab and a hydromill, was carried out. The technical characteristics of hydraulic grabbers were analyzed: KHD series (CASAGRANDE S.P.A.), GB series (BAUER Maschinen GmbH), HSG series (LIEBHERR Maschinen GmbH), GH series (SOILMEC S. P.A.) and technical characteristics of hydromills: FD series (CASAGRANDE S.P.A.), BC series (BAUER Maschinen GmbH), LSC series (LIEBHERR Maschinen GmbH), SH series (SOILMEC S.P.A.). The intervals of variations were determined in the geometric dimensions of a single gripper, which is arranged with the help of a grab unit and milling unit. It allowed to determine the possible variations in the geometric dimensions of rectangular (square), X-shaped, T-shaped, L-shaped, H-shaped, Y-shaped, and C-shaped barrettes with cross-sectional dimensions. According to the obtained results, the width of a separate linear element of the barrette can vary from 420 to 1800 mm during the use of a grab unit and from 64 to 2000 mm during the use

of a milling unit. The length of a single line element of barrette can vary from 2200 mm to 4200 mm during the use of a grab unit and from 2200 mm to 3200 mm during the use of a milling unit. The obtained results will allow to optimize the design process of barrette foundations and avoid additional specification of their dimensions at the installation stage.

Keywords: barrette; diaphragm wall; bored pile; hydraulic grab; hydromill; grab unit; milling unit

REFERENCES

1. Katcenbah R., Dunaevskij R.A., Muljar D.L., D'jachenko K.O., Galinskij A.M. Baretty – jeffektivnye fundamenty dlja vysotnyh zdaniy // *Novi tekhnolohii v budivnytstvi*. Kyiv: NDIBV – 2010. №2(20). P. 28–37. {in Ukrainian}
2. Rybnikova I.A., Rybnikov A.M. Opyt primenenija barettnyh fundamentov. // *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*. Belgorod: BGTU – 2016. №4. P. 23 {in Russian}
3. Kacprzak, G., Bodus, S. (2018) Analysis of the Barrette Load Investigation of the Tallest Building in European Union. *Archives of Civil Engineering*, LXIV (4), 218-292. DOI: 10.2478/ace-2018-0057 {in English}
4. Kolodij E.V. Sravnitel'nyj analiz sovremennyh metodov ocenki nesushhej sposobnosti svaj (na primere svai-baretty v inzhenerno-geologicheskikh uslovijah Sankt-Peterburga) // *Sbornik trudov nauchno-tehnicheskoy konferencii «Aktual'nye voprosy geotekhniki pri reshenii slozhnyh zadach novogo stroitel'stva i rekonstrukcii»*, SPbGASU, SPb, 2010. P. 87-95. {in Russian}
5. Mangushev, R.A., Nikitina, N.S. (2018). Ocenka i analiz nesushhej sposobnosti buronabivnyh svaj i svaj-barett glubokogo zalozhenija dlja vysotnogo zdaniya na slabyh gruntah po rezul'tatam raschetov i polevyh ispytanij. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 14, 2 (июн. 2018), 109–116. DOI: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2018-14-2-109-116>. {in English}
6. Kumari, A., Thakare, S. W., Dhatrak, A.I. (2018) Analyses of barrette pile in sand. *Construction in Geotechnical Engineering, Proceedings of IGC 2018*, 215-235. DOI: 10.1007/978-981-15-6090-3_15 {in English}
7. Czopowska, M. (2018) Concrete properties in diaphragm walls embedded in non-cohesive soils. *MATEC Web of Conferences 2018*, 174, 01007, 1-10. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817401007> {in English}
8. Abdelhadh, P.N., Abdelhadh, F.M., Goto, H.K. (1996) Problems Encountered In Diaphragm Wall Excavation. *Reports of the Faculty of Engineering, Nagasaki University*, Vol. 26, No. 46, 39-42. <https://www.researchgate.net/publication/29792852> {in English}

9. Makhynia. O.M., Ternovyi V.I. Zastosuvannia hidravlichnoho impulsnoho zmishuvacha dlia pryhotuvannia prokhdnytskykh hlynystykh rozchyniv v sposobi “stina v grunti” // Novi tekhnolohii v budivnytstvi. Kyiv: NDIBV – 2005. №1(9). P. 62–65. {in Ukrainian}

10. Makhynia O.M., Akimov F.N. Metodyka doslidzhennia otsinky vplyvu zastosuvannia riznykh rozchynozmishuvachiv na tekhniko-ekonomichni pokaznyky kopannia transhei sposobom “stina v grunti” // Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'. Simferopol': KAPKS – 2007 g. Vyp. 21. S. 87-92. {in Ukrainian}

11. KHD – Hydraulic Grab for Diaphragm: <https://www.casagrandegroup.com/diaphragm-wall/khd-hydraulic-grab-for-diaphragm-wall/> {in English}

12. Übersicht Greifersysteme: <https://www.bauer.de/bma/Produkte/greifersysteme/Uebersicht-Greifersysteme/> {in Germany}

13. Schlitzen mit Greifer: <https://www.liebherr.com/de/deu/produkte/baumaschinen/spezialtiefbau/verfahren/schlitzen/schlitzen-mit-greifer/schlitzen-mit-greifer.html> {in Germany}

14. Hydromill and grabs : <https://www.soilmec.com/en/products/hydromill-grabs> {in English}

15. Hydromills: <https://www.casagrandegroup.com/diaphragm-wall/hydromills/> {in English}

16. Übersicht Fräsesysteme: <https://www.bauer.de/bma/Produkte/fraesensysteme/Uebersicht-Fraesensysteme/> {in Germany}

17. Schlitzen mit Fräse: <https://www.liebherr.com/de/deu/produkte/baumaschinen/spezialtiefbau/verfahren/schlitzen/schlitzen-mit-greifer/schlitzen-mit-greifer.html> {in Germany}