

УДК 624.154(045)

<sup>1</sup>В.Б. Кашка<sup>2</sup>В.М. Першаков, канд. техн. наук**ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПАЛЬ У ФУНДАМЕНТОБУДІВНИЦТВІ**<sup>1</sup>Інститут екології та дизайну, НАУ<sup>2</sup>Кафедра комп'ютерних технологій будівництва, e-mail: pershakov1@rambler.ru

*Розглянуто конструктивні особливості ефективних паль типу СВ з розширенням на бічній поверхні та їх переваги у використанні при влаштуванні пальових фундаментів порівняно з широко розповсюдженими типами паль. За результатами порівняльних випробувань паль під статичним удавлювальним навантаженням у різних ґрунтових умовах визначено тенденцію перерозподілу несучої здатності між стовбуром і розширеннями ефективної палі типу СВ залежно від ґрунтових умов.*

**Вступ**

Тенденція підвищення етажності та щільності забудови в межах міст визначає необхідність у використанні паль із високою питомою несучою здатністю, а також надійного і безпечного для сусідніх споруд способу їх влаштування.

Потреба в збільшенні несучої здатності паль вимагає відповідного підвищення потужності устаткування, призначеного для їх влаштування.

На сьогодні при влаштуванні пальових фундаментів будинків і споруд у межах міст широко використовують буронабивні і буроін'єкційні палі в умовах щільної забудови поряд з традиційними призматичними забивними, що занурюють за допомогою молотів на околицях міст.

Однак дані типи пальових фундаментів і методи їх влаштування мають ряд суттєвих недоліків.

Зокрема, буронабивні і буроін'єкційні палі мають низьку питому несучу здатність, що, у свою чергу, призводить до високих витрат матеріалів.

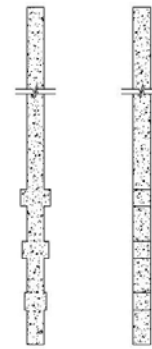
Улаштування бурових паль в умовах міської забудови також призводить до деформацій розміщених поблизу будинків і споруд, оскільки при влаштуванні свердловин проходить виїмка ґрунту, що неодмінно супроводжується заповненням деякого об'єму свердловини ґрунтом, витісненим дією фундаментів існуючих будинків і споруд. Суттєвим недоліком бурових паль є відсутність безпосереднього контролю їх несучої здатності при їх влаштуванні. Крім того, оскільки формування стовбура йде в польових умовах, стовбур палі має низьку ущільненість бетону, що призводить до недостатнього захисту арматури каркасу від корозії.

Вплив цього недоліку незначною мірою нейтралізується при влаштуванні буроін'єкційних паль, однак, хоча формування стовбура і проходить під тиском, якість ущільнення бетону даним способом у польових умовах не може бути відповідної якості, отриманій в умовах заводського виготовлення.

Крім того, даний спосіб улаштування паль потребує значних фінансових витрат на обладнання (бетононасос високого тиску), що відповідно підвищує вартість улаштування пальових фундаментів даного типу. Недоліком призматичних забивних паль взагалі є їх низька питома несуча здатність по ґрунту основи, оскільки площі поперечних перерізів стовбура і нижнього торця палі мають однакову величину, яка обмежується умовою можливості заглиблення цих паль.

**Аналіз досліджень**

На сьогодні при влаштуванні пальових фундаментів в умовах міської забудови особливо ефективні палі з розширеннями на бічній поверхні типу СВ, що занурюються переважно методом статичного вдавлювального навантаження (див. рисунок).



Загальний вигляд палі типу СВ з двох ракурсів

Завдяки розробкам (Патент України на винахід № 27634) Наукового малого підприємства з впровадження інновацій в фундаментобудівництві ВІФ ефективних пристроїв нового типу для вдавлювання паль і/або інших будівельних конструкцій, модульної збірно-розбірної конструкції, що забезпечують удавлювальне зусилля до 220 тс (існуючі модифікації) і високу продуктивність виконання робіт, широко використовують технології занурення паль способом удавлювання, що дає можливість ефективного застосування паль типу СВ з розширеннями на бічній поверхні.

Розробкою конструктивного рішення паль типу СВ винайдена конструкція ефективних забивних паль, внаслідок чого досягнуто зниження енерговитрат на занурення паль в ґрунт і значного підвищення їх питомої несучої здатності.

Особливості конструкції полягають у тому, що в забивній палі, яка включає оголовок і стовбур з розширеннями, що розміщені ярусами по його висоті на деякій відстані одне від одного, виліт вище розміщених розширень більший за виліт розширень, що розміщені нижче. Причому відстань між ярусами розширень має знаходитись у межах 10–60 вильотів розширень, розміщених вище. Для зниження трудових витрат і зменшення витрат залізобетону при виготовленні палі, поперечний переріз стовбура формують у вигляді трапеції, розширення утворюють на нижніх ділянках двох бічних похилих граней стовбура.

У процесі заглиблення палі і після його закінчення, в масиві ґрунту, що оточує її, стовбур палі працює таким чином.

У разі занурення нижньої ділянки стовбура палі відбувається витіснення деякого об'єму ґрунту, що дорівнює об'єму зануреної частини її стовбура, більша частина якого витісняється за межі грані нижнього торця, тобто до бічних граней палі. У свою чергу, витіснений за межі стовбура ґрунт, передаючи тиск на частинки ґрунту, що оточують палю, спричиняє руйнування між ними зв'язків, унаслідок чого ущільнюється навколишній ґрунтовий масив.

Під час подальшого занурення палі в масив ґрунту на занурення ділянки стовбура з нижнім розширенням потрібне менше зусилля, оскільки в ґрунтовому масиві, що оточує палю, зв'язки між частинками зруйновані.

У свою чергу, нижнє розширення занурюється в ґрунт, ущільнений при зануренні нижньої ділянки стовбура палі.

Отже, ґрунт з боку нижніх граней розширень і з боку бічної поверхні стовбура палі отримує додаткове ущільнення.

Оскільки площа проекції на горизонтальну площину розміщених вище розширень більша ніж площа проекції нижнього розширення, то вступаючи в контакт з ґрунтом при подальшому зануренні палі, розширення, розміщені вище, занурюються в ущільнений масив ґрунту, що оточує палю.

У процесі їх занурення в ґрунтовий масив, що оточує палю, проходить здавлювання ґрунту в свердловину, утворену зануренням розміщеного нижче розширення.

У разі подальшого занурення палі ступінь ущільнення ґрунтового масиву, розміщеного біля

палі, на ділянці між розширеннями зростає, що призводить до збільшення сили зчеплення ґрунту з бічною поверхнею палі, чим забезпечується підвищення її питомої несучої здатності.

Оскільки верхні розширення перекривають у плані простір між ґрунтом і боковими гранями стовбура, утворений в результаті занурення в ґрунт розміщених нижче розширень, на останньому етапі занурення палі ґрунт, витісняється верхніми розширеннями і заповнює його. У разі подальшого занурення в ґрунт верхніх розширень проходить ущільнення масиву ґрунту, що оточує палю.

Унаслідок того, що площа проекції на горизонтальну площину розміщених вище розширень перевищує площу проекції на горизонтальну площину розширень, розміщених нижче, забезпечується наявність ущільненого ґрунту як в зоні зчеплення його з бічною поверхнею стовбура на ділянках між розширеннями, так і в зоні контакту нижніх і бічних граней всіх розширень. Нижні і бічні грані всіх розширень взаємодіють з ущільненим ґрунтом, передаючи на ґрунт основи навантаження від палі в різних рівнях, тому за рахунок цього підвищується питома несуча здатність палі і надійність її роботи.

Оскільки розширення розміщені одне від одного на певних відстанях (у межах 10 – 60 вильотів розміщених вище розширень), то відбувається розсіювання в оточуючому палю ґрунтовому масиві, навантаження, що передається через дані розширення, на ґрунт основи від палі і тим самим виключаючи зріз ґрунту вздовж стовбура в межах площини проекції вище розміщених розширень. У цьому випадку нижні грані розширень взаємодіють з ґрунтом основи як нижня торцева поверхня палі.

Таким чином, підвищується питома несуча здатність палі і збільшується жорсткість забивання палі в ґрунті, чим одночасно забезпечується підвищення несучої здатності палі по деформаціям її основи. Верхні ділянки паль, що працюють у просадних ґрунтах, необхідно виконувати без розширень. На ділянці стовбура вище верхніх розширень при зануренні палі утворюється зазор між ґрунтом і бічною поверхнею палі. Наявністю зазору між ґрунтом і бічною поверхнею палі в товщі просадного шару ґрунту забезпечується зниження енерговитрат при зануренні палі, оскільки відсутнє тертя по бічній поверхні на цій ділянці стовбура, що, в свою чергу, полегшує її занурення. У цьому випадку одночасно досягається підвищення несучої здатності палі, оскільки практично відсутнє від'ємне тертя у разі просідання просадного шару ґрунту [1].

### Постановка завдання

Несучу здатність паль з розширеннями на бічній поверхні типу СВ слід розділити на дві складові:

$$N = N_1 + N_2,$$

де  $N_1$  – навантаження, що сприймається торцевою і бічною поверхнями палі;  $N_2$  – навантаження, що сприймається розширеннями.

Величина несучої здатності даного типу паль залежить зокрема від кількості та загальної площі поперечного перерізу розширень, і при цьому величина складової  $N_2$  зменшується в слабких ґрунтах. Однак ефективність паль типу СВ залежить від перерозподілу несучої здатності між стовбуром і розширеннями, і буде більшою зі збільшенням частини навантаження, що сприймається розширеннями, відносно частини навантаження, що сприймається стовбуром, оскільки витрати матеріалу на розширення незрівнянно менші за витрати на стовбур. З метою подальшого збільшення ефективності роботи палі типу СВ у ґрунтовому масиві потрібно встановити тенденцію перерозподілу несучої здатності між стовбуром і розширеннями в різних ґрунтових умовах, що стане орієнтиром у напрямі пошуку оптимальних параметрів розширень.

### Дослідження ефективних забивних паль

Для визначення питомої несучої здатності ефективних забивних паль типу СВ з розширеннями на бічній поверхні порівняно з традиційними призматичними забивними палями Науковим малим підприємством ВІФ у 1996 р. проведена серія випробувань під статичним удавлювальним навантаженням у різних ґрунтових умовах (див. таблицю).

Порівняльні випробування паль типу С і СВ проводилися за приблизно рівних глибин занурення паль у відповідних ґрунтових умовах, площі поперечних перерізів стовбурів призматичних паль типу С більші на 10–20% ніж відповідні в трапецієподібних паль з розширеннями на бічній поверхні типу СВ. У випробуваннях використовувалися палі одних типів із різним поперечним перерізом стовбура. Проте в кожному випробуванні пропорція співвідношення площ поперечних перерізів стовбурів паль різних типів приблизно однакова (відрізняється на 7%), що дає змогу орієнтовно порівнювати ефективність роботи паль типу С з ефективністю роботи стовбура палі типу СВ, без урахування роботи розширень у ґрунтових умовах.

Порівняльні випробування паль типів С і СВ під статичним удавлювальним навантаженням

Тип палі	С 10.30	СВ 10.35.У6	С 12.35	СВ 11.40.У6	С 10.30	СВ 9.35.У6	С 8.35	СВ 8.40.У6	С 12.35	СВ 10.40.У4
Довжина палі, м	10	10	12	11	10	9	8	8	12	10
Об'єм бетону, м <sup>3</sup>	0,91	0,89	1,5	1,1	0,91	0,8	1,0	0,8	1,5	1,0
Несуча здатність, т	40	82	63	110	58	102	70	110	65	120
Осідання, мм	28	11	30	16	30	18	40	30	30	26
Питома несуча здатність, т/м <sup>3</sup>	44,0	83,8	42,0	100,0	63,7	127,6	70,0	137,5	43,3	120
Коефіцієнт зменшення витрат паль	1,9		2,38		2,0		1,96		2,77	
Показник текучості ґрунтів	0,4		0,3		0,35		0,38		0,28	
Місцезнаходження випробувального майданчика	м. Сквиря, Київська обл.		м. Київ		м. Луцьк		м. Київ		м. Біла Церква, Київська обл.	

З проведеного комплексу випробувань було визначено, що використання паль типу СВ забезпечує досягнення значного економічного ефекту на будівельних майданчиках, що складені слабкими і просадними ґрунтами. Проте питома несуча здатність паль типу СВ у цілому збільшується відносно до питомої несучої здатності паль типу С (коефіцієнт зменшення витрат паль) з підсиленням ґрунту основи (в даних дослідженнях зі зменшенням показника текучості ґрунтів), що свідчить про збільшення ефективності роботи розширень на бічній поверхні паль типу СВ у більш сильних за консистенцію ґрунтах.

### Висновок

Пошук найбільш оптимальних параметрів розширень з метою подальшого збільшення ефективності роботи палі в цілому в різних ґрунтах потребує подальших досліджень шляхом випробувань паль. Використання паль типу СВ, що занурюються способом удавлювання, виготовлених згідно з діючими технічними умовами та робочими кресленнями, розробленими Науковим малим підприємством ВІФ, значно більш ефективніше ніж улаштування фундаментів з використанням широко розповсюджених типів паль.

Особливо ефективно використання паль типу СВ для будівництва будинків і споруд з різними навантаженнями на ростверк. У цьому випадку несучу здатність паль по ґрунту змінюють шляхом утворення розширень на окремих ділянках стовбура без збільшення кількості паль на погонний метр ростверку. Ефективність використання досягається також тим, що виготовлення паль відбувається за звичайною технологією виготовлення залізобетонних конструкцій із використанням звичайних для залізобетонної галузі матеріалів.

Занурення паль можливе таким самим обладнанням, котрим занурюються розповсюджені призматичні та інші види забивних паль.

Проте найбільш раціонально виконувати занурення цього типу паль способом удавлювання. Це дає можливість виготовляти їх з міцністю стовбура, що дорівнює несучій здатності ґрунту основи, унаслідок чого досягається значна економія витрат матеріалів, і стає можливим улаштування палевих фундаментів із високою несучою здатністю паль у межах щільної забудови без загрози негативних впливів на фундаменти сусідніх будинків і споруд. Палі цього типу також ефективно використовувати для утримання великих масивів ґрунту з метою щодо запобігання зсувів.

Використання ефективних паль цього типу дає можливість зменшити витрати матеріальних і фінансових ресурсів при влаштуванні палевих фундаментів будинків і споруд в 1,5 – 2,5 разу, скоротити строки зведення фундаментів в 1,5 – 2 разу за рахунок зменшення витрат паль порівняно з широко розповсюдженими забивними призматичними, буронабивними і буроін'єкційними палями [2].

У теперішній час зазначені ефективні палі виготовляються на заводах України і використовуються при влаштуванні палевих фундаментів.

### Література

1. Патент України на винахід №302 / Б.З. Кашка. Забивна паля // Державне патентне відомство України. Заявлено 26.12.90. Опубліковано 30.04.93. // Бюл. №1. – С. 4–8.
2. Кашка Б.З. Новые эффективные сваи // Информационный листок. №048-99. – К.: ЦНТЭИ, 1999. – С. 1–3.

Стаття надійшла до редакції 06.06.05.

В.Б. Кашка, В.Н. Першаков

Внедрение эффективных свай в фундаментостроении

Рассмотрены конструктивные особенности эффективных свай типа СВ с уширениями на боковой поверхности и их преимущества в использовании при устройстве свайных фундаментов в сравнении с широко распространенными типами свай. Из результатов сравнительных испытаний свай под статической вдавливающей нагрузкой в разных грунтовых условиях определена тенденция перераспределения несущей способности между стволом и уширениями эффективной сваи типа СВ в зависимости от грунтовых условий.

V.B. Kashka, V.M. Pershakov

Introduction of effective piles in a base structure

Design features of effective piles such as CB and their advantages in use are considered at the device of the pile bases in comparison with widely widespread types of piles. From results of comparative tests of piles under static pressing loading in different earth conditions the tendency of redistribution of bearing (carrying) ability between a trunk and expansions an effective pile such as CB was determined on earth conditions.